
VITTORIO EM. III


PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
misc. C. 13 . 81
Armadio
Palchetto
Num.° d' ordine
2780

RECHERCHES
PHYSIQUES
ET ASTRONOMIQUES,

SUR LE PROBLÈME PROPOSÉ POUR LA SECONDE FOIS PAR L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE PARIS.

Quelle est la cause physique de l'inclinaison des plans des Orbites des Planètes par rapport au plan de l'Equateur de la révolution du Soleil autour de son axe; et d'où vient que les inclinaisons de ces Orbites sont différentes entre elles.

PIECE DE M. DANIEL BERNOULLI,

DES ACADÉMIES DE PÉTERSBOURG, DE BOLOGNE, etc. et Professeur d'ANATOMIE et de BOTANIQUE en l'Université de Bâle,

Qui a partagé le Prix double de l'année 1734.

Traduite en français par son Auteur.

SECONDE ÉDITION.

A PARIS,

Chez BACHELIER, Libraire, quai des Augustins, nº 55.

1808.

PRÉFACE.

J'ai fait cette Traduction à la prière de quelques-uns de mes amis de Paris, à qui je dois toute sorte de déférences et de reconnoissance. Ceux qui voudront se donner la peine de la confronter avec l'Original latin, verront que si ce n'est pas une traduction de mot à mot, au moins j'ai gardé le sens de chaque période ; mais j'ai fait quelques petites additions ou éclaircissemens, dont j'ai pu me passer avant que j'aie su que je pourrois avoir d'autres lecteurs que MM. les Juges. Ces additions sont distinguées du corps de la pièce par deux parenthèses de cette forme [...] qui les renferment.

Je prie ici le lecteur, de ne point trouver mauvais le stile que j'ai affecté en parlant de mon père : je m'en suis servi pour me cacher davantage aux Académiciens.

RECHERCHES
PHYSIQUES
ET ASTRONOMIQUES,

SUR LE PROBLÈME PROPOSÉ POUR LA SECONDE FOIS PAR L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE PARIS.



Virtutum pretium in ipsis est, et rectè facti merces est fecisse.

§. I. Le Problème que l'illustre Académie propose, a deux parties; l'une regarde l'inclinaison, ou la non-coincidence des Orbites célestes avec l'Équateur solaire; l'autre a pour objet la diversité de ces inclinaisons. Nous considérerons l'un et l'autre en même temps, notre système ne permettant pas qu'on les sépare.

§. II. On voit par la manière même, en laquelle l'Académie a énoncé son Problème, qu'elle présuppose y avoir une liaison entre les Orbites des Planètes et l'Equateur du Soleil, qui tende à les mettre dans un plan commun, et que sans une raison particuliere les Orbites planétaires seroient tout-à-fait dans le même plan avec l'Equateur solaire.

Cela m'a de même toujours paru fort vraisemblable; car pourroit-on, pour ne point alléguer d'autres raisons, attribuer à un pur hasard le peu d'inclinaison de toutes ces Orbites au plan de l'Equateur solaire? ou si cela pouvoit paroître encore douteux [vû le peu de précision et de certitude dans la position de l'Equateur solaire], du moins ne pourra-t-on pas disconvenir que les Orbites planétaires ne tendent vers un plan commun, puisque

sans cela il auroit été moralement impossible que les Orbites fussent renfermées dans des limites aussi serrées qu'elles le sont. Ceci étant, il est fort probable que ce plan de commune tendance est le même que celui de l'Equateur solaire, celui-ci étant le seul dans lequel on puisse trouver quelque raison capable de produire un tel Phénomène.

Cela posé, il s'agit de trouver une raison physique qui fasse pencher et approcher les Orbites célestes vers l'Equateur du Soleil, et de déterminer pourquoi ces Orbites ne sont point tout-à-fait, ni dans le plan dudit Equateur, ni dans un plan commun.

§. III. Avant d'entreprendre ces deux points, il ne sera pas hors de propos d'examiner plus particulièrement ce que nous avons posé en fait; savoir, *que les Orbites célestes s'approchent de trop près pour ne point affecter quelque plan commun situé au milieu d'elles, et que ce n'est que par une circonstance particulière, que les mêmes Orbites ne sont pas entièrement unies dans un même plan*. Sans cet examen, on pourroit attribuer à un hasard le Phénomène qui fait le sujet de notre question, et regarder tout notre raisonnement comme superflu, ou peut-être même chimérique.

Voici comme je m'y prendrai : Je chercherai de toutes les Orbites planétaires, les deux qui se coupent sous le plus grand angle, après quoi je calculerai quelle probabilité il y a, que toutes les autres Orbites soient renfermées par basard dans les limites de ces deux Orbites. On verra par là que cette probabilité est si petite, qu'elle doit passer pour une impossibilité morale.

§. IV. Après avoir comparé chaque Orbite avec chacune, et calculé les angles sous lesquels elles s'entrecoupent, j'ai trouvé se couper sous le plus grand angle l'Orbite de Mercure, et celle de la Terre ou l'écliptique; car leurs plans font un angle de 6° 54′ : pendant que l'Orbite de Saturne ne fait, avec celles de Mercure, qu'un angle de 6° 24′; et l'Orbite de Jupiter, encore avec celle de Mercure, un angle de 6° 8′. Toutes les autres Orbites, de quelque manière qu'on les combine, se coupent sous des angles beaucoup plus petits. Je parle ici des Orbites des Planètes principales.

[Il est facile de voir qu'on peut trouver lesdites intersections par la simple Trigonométrie; car comme on connoît les nœuds des Orbites, aussi bien que leurs inclinaisons avec l'écliptique, on aura dans un triangle sphérique pour base donnée la distance des nœuds, et les deux angles autour de la base seront connus par les angles d'inclinaison des Orbites avec l'écliptique. De là on trouvera l'angle opposé à la base qui fait l'angle d'intersection des deux

Orbites : ainsi, par exemple, on trouve l'angle sous lequel les Orbites de Saturne et de Mercure se coupoient l'an 1700, en considérant que, suivant Kepler, on avoit alors le nœud ascendant de Saturne dans le 22° 49′ du *Cancer*, et celui de Mercure dans le 14° 47′ du *Taureau ;* la distance des nœuds est donc ici de 68° 2′, qui fait la base du triangle. Et, suivant le même Auteur, l'Orbite de Saturne coupe l'écliptique sous un angle de 2° 32′, et celle de Mercure sous un angle de 6° 54′. On a donc les angles autour de la base de 2° 32′, et 173° 6′ ; et cherchant de là l'angle opposé à la base, on le trouve de 6° 24′, comme nous l'avons marqué. Au reste on voit bien que les nœuds étant différemment mobiles, les angles d'intersection des Orbites doivent être variables ; mais cela n'est ici d'aucune importance.]

Je m'imagine donc toute la surface sphérique ceinte d'une zone, ou espèce de Zodiaque, de la largeur de 6° 54′ (car telle est la plus grande inclinaison de l'Orbite de Mercure avec l'écliptique.) Cette zone contiendra à peu près la dix-septième partie de la surface sphérique. Si l'on considère donc les Orbites planétaires comme placées par un pur hasard, il sera question de déterminer quel degré de probabilité il y a pour que toutes les Orbites tombent dans une zone donnée de position, faisant la dix-septième partie de toute la surface sphérique. Mais la position elle-même de la zone se détermine par une des Orbites, quelle qu'elle soit, puisqu'elles ne diffèrent guères entre elles ; ce qui fait qu'il n'y a plus que cinq Orbites qui entrent en ligne de compte : cela posé, on trouvera par les règles ordinaires, le nombre des cas qui fassent tomber les 5 Orbites dans ladite zone, au nombre des cas contraires ; comme 1 à $17^5 - 1$; c'est-à-dire, comme 1 à 1419856.

[Je ne donne pas à cette méthode toute la précision géométrique, ce que le lecteur n'aura pas manqué de remarquer ; mais je m'en suis contenté, parce qu'il ne s'agit ici que d'avoir quelqu'idée générale de la chose. Un nombre considérablement plus grand ou plus petit, ne nous feroit pas envisager autrement le point de la question. On voit pourtant assez que notre proportion ne peut être fort éloignée de la véritable. Mais, me demandera-t-on, quelle est donc la véritable ? Je réponds à cette demande, qu'on ne sauroit la déterminer à cause du mouvement des nœuds qui changent à tout moment les limites des Orbites : j'ai donc simplement considéré une zone, hors de laquelle aucun point des Orbites, quoique changeant de position, ne sorte jamais, et j'ai comparé cette zone avec la surface de la sphère, dont elle fait à peu près la dix-septième partie, tantôt plus, tantôt moins, à cause

de la variabilité des limites. Dans cette zone il n'y a aucun point qui ne soit sujet à être touché par une des Orbites; et hors de la même zone il n'y a aucun point qui puisse jamais l'être; d'où l'on voit assez le fondement de ma solution. Si tous les nœuds étoient constamment dans un même point commun, il auroit fallu avoir égard au plus grand angle d'intersection de 2 Orbites, que nous avons vu être de 6° 54′ : et comme cet angle auroit pu aller jusqu'à 90°, si le basard l'avait formé, il faudroit comparer ces deux angles, et dire que le premier fait environ la treizième partie du second; d'où l'on tireroit le degré de probabilité (pour qu'aucune des Orbites ne fît avec une autre Orbite un angle plus grand que de 6° 54′) égal à 1 : ($13^5 - 1$,) qui donne une proportion environ quatre fois plus grande que dans la première solution; savoir, celle de 1 à 571292. Enfin la meilleure manière de calculer le degré de probabilité, seroit de considérer le plan au milieu des Orbites (qui, selon toutes les apparences, est le plan même de l'Equateur solaire) avec lequel chaque orbite, quoique mobile, fait sans doute un angle constant, ou presque constant. Si ce plan étoit donné de position, il faudroit calculer quelle Orbite fait le plus grand angle avec ce plan, et quelle est la grandeur de cet angle; et comme, dans l'hypothèse des Orbites fortuitement placées, cet angle auroit pu monter jusqu'à 90 degrés, on auroit encore eu à considérer le rapport dudit angle avec celui de 90°, et, posé ce rapport être de 1 à m, le degré de probabilité cherché seroit maintenant comme 1 à $m^6 - 1$. Je mets ici l'exposant 6 au lieu de 5, que j'ai mis dans les deux exemples précédens, parce que le terme fixe n'est pas ici une des Orbites, mais l'Equateur solaire. Cette méthode me paroît la plus juste de toutes, si la détermination de l'Equateur solaire étoit un peu plus certaine : suivant ce que M. Cassini rapporte dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris de l'année 1701, c'est l'Orbite de la Terre qui fait le plus grand angle avec l'Equateur solaire, et cet angle doit être de 7° 30′, cela donneroit $m = 12$, et $m^6 - 1 = 2985983$. Si donc toutes les Orbites étoient placées fortuitement par rapport à l'Equateur solaire, il y auroit à parier 2985983 contre 1, qu'elles n'en seroient pas toutes si proches. Toutes ces méthodes, quoique fort différentes, ne donnent pas des nombres extrêmement inégaux. Cependant je m'attacherai au nombre donné en premier lieu, et n'ai fait cette addition que dans le dessin de faire voir au lecteur quel fonds on y peut faire.]

§. V. Quelques-uns trouveront peut-être à redire à cette méthode : je m'en étois moi-même d'abord fait une autre; cependant

tout bien considéré, je lui ai préféré celle que j'ai exposée en premier lieu. Je ne m'arrêterai pourtant pas à l'affermir, pour ne me pas éloigner davantage de notre propos principal.

Cependant, pour mieux faire sentir le ridicule qu'il y auroit d'attribuer à un pur hasard la position serrée des Orbites, nous comparerons la question des six Orbites avec celle d'une simple intersection. Je dis donc que cette position des Orbites est moins probable, que ne seroit celle de deux Orbites qui doivent se couper sous un angle plus petit, que d'un quart de seconde [car puisque l'angle de 90° est à l'angle de 15‴, comme 1296000 à 1, il n'y a ici que 1295999 cas contre 1, au lieu que là nous avons trouvé y en avoir 1419856 contre 1] : or si, par exemple, la Nature n'avoit donné à l'Ecliptique qu'un angle de 15‴ d'inclinaison par rapport à l'Equateur de la Terre, supposant que l'habileté des hommes eût pu arriver à mesurer de tels angles, quelqu'un auroit-il pu croire que celà se fût fait par pur hasard, sans qu'il y eût la moindre liaison entre l'Ecliptique et ledit Equateur? Mais si nous faisons encore attention aux Satellites de Jupiter et de Saturne, qui, de même que les planètes principales, font leur course presque dans un plan commun (excepté le dernier Satellite de Saturne, qui par une raison particulière, que notre théorie même indiquera, n'a pas tout-à-fait cette loi), il ne pourra plus rester le moindre scrupule sur cette matière ; et qui n'est pas dans ce sentiment, doit rejeter toutes les vérités que nous connoissons par induction. Revenons à notre sujet principal.

§. VI. Nous avons dit qu'il y a un plan qui doit avoir quelque rapport avec les Orbites des Planètes, dans lequel ces Orbites tâchent de se réunir; que ce plan est situé au milieu des Orbites, et enfin qu'il est, selon toutes les apparences, le même que celui de l'Equateur solaire, tant parce que le plan de cet Equateur traverse effectivement le milieu des Orbites, autant qu'on en peut juger par les observations faites sur les taches du Soleil, que parce que c'est le seul plan qui puisse fournir une raison physique de ce point. Après quoi nous avons ajouté, qu'il doit y avoir une circonstance particulière, par rapport à laquelle les Orbites planétaires peuvent n'être pas entièrement unies dans le plan de l'Equateur solaire, ou dans un plan commun. C'est dans ces deux points que consiste principalement la question proposée. Je sens donc que pour satisfaire à la demande de l'Académie, je dois premièrement montrer ce qui peut avoir tiré les Orbites planetaires si près de l'Equateur solaire; et en second lieu, pourquoi ces Orbites ne sont pas entièrement unies avec le même Equateur.

§. VII. Je suis persuadé que tous les corps célestes ont leur atmosphère ; et quoique M. Huguens n'en ait point voulu accorder à la Lune, par plusieurs raisons qu'il a alléguées, je crois pourtant que cette opinion est maintenant généralement bannie ; car plusieurs Phénomènes en prouvent absolument la fausseté. Il est vrai que la matière, qui fait les différentes atmosphères, peut être différente, comme d'être plus dense ou plus rare : il est pourtant à présumer que toutes les atmosphères ont des propriétés semblables. Comme je suis assuré, toutes choses bien considérées, que c'est de l'atmosphère qui environne le Soleil, qu'il faut tirer la solution de notre Problème, il ne sera pas hors de propos d'indiquer ici les propriétés principales de l'atmosphère de la Terre, pour les appliquer à celles du Soleil.

L'air, qui fait l'atmosphère de la Terre, est un fluide pesant vers le centre de la Terre, élastique, et par conséquent de différentes densités dans les endroits plus ou moins élevés.

La densité de l'air diminue si fortement, qu'il doit être d'une rareté incompréhensible dans la région de la Lune, s'il est vrai qu'il y atteigne ; car la densité est diminuée environ de la moitié à chaque lieue d'Allemagne d'élévation ; de sorte que la densité de l'air près la surface de la Terre étant exprimée par 1, elle sera dans la région de la Lune moidre que $\frac{1}{50000}$; l'atmosphère de la Terre ne peut pourtant que s'étendre à l'infini, à moins qu'elle ne soit environnée et retenue par un autre fluide élastique ; et elle l'est, comme je présume, par l'atmosphère solaire ; les limites de l'atmosphère de la Terre seront là où ses élasticités sont égales à celle de l'atmosphère du Soleil : on peut donc douter si l'atmosphère de la Terre va jusqu'à la région de la Lune ou non. Je suis porté à croire qu'elle ne s'étend pas si loin, à cause de l'excessive rareté que l'air y devroit avoir, qui surpasse toute imagination : il y a deux autres circonstances qui m'en dissuadent. C'est, premièrement, la trop grande inclinaison de l'Orbite de la Lune avec l'Equateur de la Terre, qui sans doute seroit beaucoup moindre, si la lune étoit environnée de l'atmosphère de la Terre, comme je tâcherai de le faire voir ci-dessous ; la seconde est que la Lune nous montre toujours la même face.

La densité de l'air est encore diminuée par le chaud et augmentée par le froid, et enfin l'air est mû autour de l'axe de la Terre avec la même vîtesse, ou sensiblement telle que la surface : car sans cela nous ne manquerions pas de sentir un vent continuel d'Orient en Occident, mais un vent incomparablement plus fort que dans les plus grandes tempêtes : cela est clair, puisque chaque point de

l'Equateur fait dans une seconde de temps, par la révolution diurne de la Terre, un espace de plus de mille quatre cents pieds; et que les vents les plus impétueux font à peine cinquante pieds dans une seconde, et c'est non-seulement à la surface de la Mer, que l'air se meut ensemble avec la Terre, avec la vîtesse marquée; mais la même chose arrive encore sur les pointes des plus hautes montagnes ouvertes de tous côtés, comme sur celle du Pic dans l'île de Ténériffe.

Il est encore facile de démontrer que toute l'atmosphère, depuis la surface de la Terre jusque dans ses plus hauts endroits, ne manqueroit pas de faire le tour dans 24 heures de temps, si son mouvement n'étoit point empêché par le frottement de sa surface contre l'atmosphère solaire. Ce frottement et empêchement, qui se fait vers la surface, influe jusque sur la surface de la Terre dans toute l'atmosphère, et fait que ses différentes conches font leur révolution en différens temps. C'est M. Jean Bernoulli qui nous a montré les véritables lois de ce mouvement pour toutes les hypothèses par rapport aux variations des densités, dans sa belle Dissertation, que l'Académie a ~~couronnée du Prix de l'an~~ 1730, digne de cette glorieuse récompense.

[Ce que j'ai allégué ci-dessus touchant l'énorme diminution des densités de l'air, qui s'éloigne davantage de la surface de la Terre, est presque généralement reçu par les Géomètres, et ils se fondent sur ce que les densités de l'air sont toujours proportionnelles aux forces qui les compriment, d'où ils concluent que les distances depuis la surface de la Terre croissant arithmétiquement, les densités doivent décroître géométriquement; c'est-à-dire que (la densité de l'air à la surface de la Mer étant $= 1$, la hauteur verticale par-dessus cette surface $= x$, la densité de l'air qui répond à cette hauteur $= y$) l'équation entre les hauteurs verticales des lieux, et les densités de l'air doit être celle-ci $log. \frac{1}{y} = \frac{x}{a}$, la valeur de a, disent-ils, se trouvant par une expérience: ainsi, par exemple, si le baromètre est supposé tomber de sa $\frac{1}{336}$ partie, en l'élevant depuis la surface de la Mer de 63 pieds, on obtiendra à peu près $a = 336 \times 63 = 21105$. Et si de là on veut savoir quelle seroit la hauteur verticale où la densité de l'air seroit $= \frac{1}{2}$, on la trouve environ égale à 14,600 pieds: au lieu de cette quantité, j'ai mis une lieue d'Allemagne, quoique beaucoup plus grande, pour ne point paroître avoir voulu exagérer la chose. C'est là le raisonnement le plus commun des Géomètres, que j'ai voulu suivre, parce qu'il ne s'agit pas ici de trouver des nombres exacts, et que je n'ai

a

pas eu le temps, lorsque je composois cette pièce, d'entrer dans des détails, étant près de mon départ de Pétersbourg; je ne l'approuve pourtant pas, ni ne l'approuvois alors, sachant bien dès-lors, qu'il ne répond pas assez bien aux expériences qu'on a faites sur cette matière, et que l'on y néglige plusieurs points très-essentiels; savoir, 1° la diminution de la pesanteur en s'éloignant de la surface de la Terre : c'est un point que M. Newton n'a pas manqué de considérer dans le *liv. 2 prop. 22 des Princip. math.* mais qui n'est pas de conséquence pour les petites hauteurs, telles que sont celles des montagnes par-dessus la surface de la Mer, de sorte que ce n'est pas à cette raison qu'il faut attribuer le trop peu de conformité entre le calcul exposé et les expériences faites par les physiciens; 2° la diversité des forces centrifuges des parties de l'air contraires à leur pesanteur. Ce point est, de même que le premier, sans grande conséquence pour les hauteurs médiocres; 3° la diversité de chaleur, tant dans les différentes parties des mêmes couches, que dans les différentes couches; car l'augmentation de chaleur dilate aussi bien l'air, que la diminution des forces qui le compriment. Je m'assure que c'est ici la seule raison qui fait différer si sensiblement les expériences d'avec l'hypothèse communément reçue. On voit par là combien il est difficile de donner une méthode exacte pour calculer la diminution des densités de l'air : ce que je dis ci-dessous de l'atmosphère du Soleil (§ IX) servira à éclaircir davantage cette matière; mais je la traiterai un peu plus en détail dans un ouvrage hydrodynamique, que je compte de publier au premier jour.]

§. VIII. De ces propriétés que nous connoissons de l'atmosphère de la Terre, nous conclurons que le Soleil est de même environné d'un fluide pareil à notre air, pesant vers le centre du Soleil, doué d'une force élastique, qui sans doute se renforcera, la chaleur du Soleil étant augmentée; ce fluide aura donc aussi ses différentes densités dans ses différentes distances de la surface du Soleil, tellement que s'il y avoit partout un même degré de chaleur, et que la pesanteur fût aussi en tous lieux la même, les densités deviendroient proportionnelles aux appliquées d'une logarithmique, les distances depuis la surface du soleil étant exprimées par les abscisses; mais comme l'un et l'autre décroissent en s'éloignant du Soleil, les variations des densités suivront une autre loi, que nous allons examiner ci-dessous.

L'atmosphère solaire s'étendra tant que son élasticité devienne égale à celle d'une autre atmosphère que nous ne connoissons pas,

dans laquelle la solaire peut être enveloppée, comme l'atmosphère de la Terre l'est dans celle du Soleil.

Enfin la remarque la plus essentielle pour notre dessein est, que ce fluide solaire doit nécessairement faire ses révolutions autour de l'axe du soleil, et même que toutes ses parties ne manqueroient pas de faire le tour ensemble avec le Soleil dans $25\frac{1}{2}$ jours de temps, si le mouvement n'étoit pas empêché dans les limites de l'atmosphère : cet empêchement fera que les temps périodiques de la matière croîtront vers les limites. Je présume pourtant que malgré cette diminution de mouvement, les vîtesses (qui sans cela suivroient la proportion des distances de l'axe du Soleil) ne laissent pas d'être plus grandes, quand les distances dudit axe sont plus grandes.

§. IX. Quant à la méthode de trouver les différentes densités de l'atmosphère dans différens lieux, je ne crois pas qu'on puisse les connoître parfaitement, les choses qui déterminent le Problème nous manquant.

Nous nous contenterons d'en avoir quelque légère idée, en choisissant les hypothèses les plus probables. Posons que la pesanteur vers le centre du Soleil suive la raison réciproque des carrés des distances du même centre : que les densités du fluide soient partout en raison directe des poids de l'atmosphère qu'il soutient, et en raison réciproque de sa chaleur : que la chaleur suive, de même que la pesanteur, la raison réciproque des carrés des distances du centre du Soleil, et enfin que les mesures des élasticités soient les poids qu'elles soutiennent.

Après ces hypothèses, nous nommerons le rayon du Soleil r, la distance d'un endroit donné au centre du Soleil $= x$. Nous marquerons la densité de l'air, son élasticité et sa chaleur, telles qu'elles sont à la surface du Soleil par l'unité : la densité qui convient à l'endroit proposé $= D$, et l'élasticité pour le même endroit $= E$. Nous aurons de cette manière en vertu des hypothèses, *que la densité est partout proportionnelle au poids de l'atmosphère supérieure divisé par la chaleur, ou bien que l'élasticité divisée par la chaleur*, qui est $\frac{rr}{xx}$,

$$D = \frac{Exx}{rr};$$

Concevons l'atmosphère composée d'une infinité de couches autour du centre du Soleil ; il est clair que $-dE$ qui marque la diminution infiniment petite de l'élasticité qui répond à dx, ou à la différentielle de x ; il est, dis-je, clair que dE sera proportion-

nelle au poids de la couche correspondante, dont la hauteur est dx; mais ce poids est proportionnel au produit de la même hauteur dx, par la densité D, et par la force de la pesanteur $\frac{rr}{xx}$; donc prenant n pour un nombre constant, on aura

$$-dE = \frac{nrr\,D\,dx}{xx}$$

et mettant dans cette équation pour D, sa valeur trouvée tantôt, on obtient $dE = -n\,E\,dx$, dont l'intégrale est (désignant par c le nombre qui a pour logarithme l'unité.)

$$E = c^{n \times (r - x)}.$$

On voit par cette équation, que les élasticités décroissent dans l'atmosphère solaire, en s'éloignant du Soleil, de la même manière qu'elles feroient, si la pesanteur et la chaleur étoient partout les mêmes, qui sont les deux hypothèses dont on se sert pour trouver les variations des densités de l'atmosphère de la Terre, lesquelles hypothèses pourtant ne sont guère convenables pour cet effet, comme M. Newton l'a aussi observé. Si maintenant on substitue dans la première équation pour E sa valeur trouvée, on aura cette équation finale

$$D = \frac{xx}{c^{n(x-r)}rr}.$$

§. X. Il suit de cette équation, que la plus grande densité de l'atmosphère solaire n'est pas à la surface du Soleil, mais dans quelqu'autre endroit, qui peut être très-éloigné du Soleil: la raison physique en est, que l'atmosphère se raréfie extrêmement par l'énorme chaleur qui règne autour du Soleil. L'endroit de la plus grande densité est éloigné du centre de la quantité $\frac{2}{n}$, et on ne sauroit déterminer la valeur de n, tant qu'on ne peut trouver par une expérience en quelqu'endroit la densité réelle de l'atmosphère.

§. XI. Mais posons, par exemple, que la plus grande densité de l'atmosphère solaire est près de Vénus, qui est éloignée du centre du Soleil d'environ cent cinquante rayons du Soleil: on aura $\frac{2}{n} = 150r$ ou bien $n = \frac{1}{75r}$: donc l'équation appliquée à ce cas, est

$$D = \frac{xx}{c^{(x-r)\,:\,(75r)}rr};$$

ce qui marque les densités de l'atmosphère comme il suit:

Sur la surface du Soleil = 1
Dans la région de Mercure = 2200
Vénus = 3000
La Terre = 2600
Mars = 1300
Jupiter = 0,40
Saturne = 0,000006

§. XII. Dans cette hypothèse les densités de l'atmosphère solaire deviennent assez égales dans les régions de Mercure, de Vénus, de la Terre et de Mars; mais autour de Jupiter, et surtout autour de Saturne, la matière deviendroit si rare, qu'elle ne pourroit plus produire aucun effet sensible. Il y a donc lieu de croire que l'endroit de la plus grande densité est encore au-delà de la région de Vénus. Si on la suppose être dans la région de Mars, alors les densités seront dans cette proportion :

Sur la surface du Soleil = 1
Dans la région de Mercure = 4170
Vénus = 8910
La Terre = 12300
Mars = 14400
Jupiter = 1310
Saturne = 15

§. XIII. Si la plus grande densité est supposée être autour de Jupiter, l'atmosphère solaire en devient encore beaucoup plus uniforme depuis Mercure jusqu'à Saturne : et cette position me paroît la plus probable; car comme un grand nombre de Phénomènes communs à toutes les Planètes, me paroissent pouvoir se déduire de l'atmosphère solaire, c'est très à propos que les densités de cette atmosphère peuvent, dans toute l'étendue des régions planétaires, n'être pas excessivement inégales, comme elles le sont dans l'atmosphère de la Terre sous de médiocres différences de hauteur. Que l'on prenne dans notre atmosphère seulement la hauteur d'un demi-diamètre de la Terre par-dessus la surface de la Terre que nous habitons, on verra que l'air y doit déjà être d'une rareté inconcevable.

§. XIV. Après avoir exposé ce qui regarde l'atmosphère solaire, je crois devoir dire ici, qu'il ne me paraît pas que cette atmosphère, mue autour de l'axe du Soleil, puisse faire toutes les fonctions que l'on attribue aux Tourbillons déférens, et que ce n'est pas elle par conséquent qui retient les Planètes dans leurs Orbites; car dans un Tourbillon déférent, la densité de sa ma-

tière doit être égale à la densité des corps qui y nagent, comme M. Newton a fait voir; mais l'atmosphère solaire est, sans doute, partout incomparablement plus rare que ne sont les corps célestes mus autour du Soleil. Il y a une autre circonstance qui me paroît démontrer entièrement que cette atmosphère n'a pas l'usage des Tourbillons déférens : c'est que les vîtesses de la matière et du corps emporté par le Tourbillon, doivent être égales. Or par la Règle de Kepler, le temps périodique d'une Planète, qui seroit près la surface du Soleil, feroit le tour environ dans trois heures, pendant que la matière de l'atmosphère qui touche le Soleil, a besoin de 25 jours et demi pour faire sa révolution, de même que l'atmosphère de la Terre, près sa surface, fait la sienne dans 24 heures de temps. Je n'entre pas ici dans l'examen, si cet argument n'est pas contraire au système des Tourbillons en général, que je ne veux pas réfuter.

Il y a donc une autre cause qui retient les Planètes dans leurs Orbites, et qui contrebalance leur force centrifuge : cette cause, quelle qu'elle soit, pousse les corps vers le centre du Soleil, puisque les plans des Orbites passent par ce centre : si l'on trouve que les Tourbillons déférens puissent rendre cet office aux Planètes et à la Terre, je ne m'opposerai point qu'on établisse de tels Tourbillons qui traversent l'atmosphère, et cela ne sera pas contraire à ce que j'ai dit, que l'atmosphère elle-même ne peut pas faire cette fonction : j'avoue pourtant, que même après avoir lu attentivement la Dissertation de M. Jean Bernoulli, que j'ai citée ci-dessus, il me reste encore plusieurs difficultés contre le système des Tourbillons. Mais la grande pénétration de ce célèbre auteur, et surtout l'éminente autorité de l'Académie, dont il a peut-être emporté les suffrages jusque dans cette matière, ne me permettent pas de dire mon sentiment avec confiance. Je souffrirai encore qu'on dise que l'atmosphère, mue autour de l'axe du Soleil, est précisément le Tourbillon déférent des Planètes, s'il paroît aux autres que cela puisse être, quoiqu'à moi cela ne me paroisse pas : car l'hypothèse dont j'ai besoin pour mon système, est une chose dont nous savons par expérience qu'elle existe, et n'est plus révoquée en doute; savoir, *qu'il y a une cause, que j'appellerai* pesanteur solaire, *qui contrebalance la force centrifuge, et qui pousse continuellement les Planètes et la Terre vers le centre du Soleil.*

§. XV. En cas qu'on voulût déduire la *pesanteur solaire* (comme quelques-uns l'ont fait par rapport à celle qui se fait vers le centre de la Terre) de la force centrifuge d'une matière subtile mue très-

rapidement, et cela d'autant plus que la matière est plus subtile et plus rare ; j'ai cru, aussi bien que quelques amis, à qui j'avois marqué mon sentiment, qu'on pouvoit faire quelque changement dans les systèmes de Descartes et de Huguens. Mais je n'avois pas encore lu alors avec assez d'attention ce que quelques savans ont publié pour accommoder et accorder la descente verticale des corps vers le centre de la Terre, avec l'hypothèse d'un Tourbillon simple mu autour de l'axe de la Terre. Je ne laisserai pas de dire ici mon sentiment sur cette matière. J'ai donc pensé, si l'on ne pourroit pas admettre plusieurs Tourbillons d'une matière subtile, et même un nombre presque infini, mus autour de différens axes, tous passant par le centre du Soleil. Car Descartes a déjà conçu dans d'autres occasions la matière subtile se traverser librement, et cela d'un sens contraire; outre cela, j'ai considéré que tous les physiciens sont en ces temps-ci d'accord que toutes les Planètes ont une pesanteur mutuelle qui pousse l'une vers l'autre : quand même on ne voudroit donc accorder qu'un Tourbillon autour de chaque Planète pour produire la pesanteur, on ne pourra pourtant nier que tous ces Tourbillons ne se traversent librement, et que la même chose arriveroit, si ces corps célestes étoient mille fois plus nombreux. Mais il y a encore une autre raison, qui m'induisoit à croire que ce mouvement, composé de plusieurs Tourbillons en tout sens, n'étoit ni absurde, ni impossible ; c'est que les Physiciens conviennent que la lumière n'est autre chose qu'un mouvement très-rapide de petites sphères extrêmement subtiles : cependant il est sûr, par l'image renversée des objets qui se fait dans les chambres obscures, que tous les rayons de la lumière, de quelque côté qu'ils viennent, quoiqu'ils se coupent en un point, ne laissent pas de se traverser librement sans se confondre, et que chaque rayon fait le même effet que s'il étoit seul. Tout cela me portoit à croire que l'on pouvoit, sans absurdité, supposer un grand nombre de Tourbillons d'une matière subtile gravifique, se traversant librement et sur différens axes qui passent tous par le centre du Soleil : et de cette manière il n'y auroit aucune propriété connue de la pesanteur, soit de celle qui se fait vers le centre de la Terre, soit de celle que j'appelle solaire, qui ne coulât très-naturellement de cette hypothèse. Mais comme cela n'appartient proprement pas à notre propos, je ne m'y arrêterai pas davantage.

§. XVI. Je viens à notre propos principal. Le mouvement de l'atmosphère solaire fait d'abord, en ne faisant point d'attention à la *pesanteur solaire*, que les corps tendent à faire leur course

ou dans l'Equateur du Soleil, ou dans un plan parallèle; et si ces corps marchent obliquement, il arrivera que peu à peu ils s'accommoderont à ladite direction, mais pourtant sans la prendre jamais parfaitement, sinon après un temps infini. Les corps s'approcheront d'autant plus vîte de leur direction naturelle, que la matière qui les environne est plus dense; que la difference des vîtesses des corps et de la matière est plus grande; que les corps sont d'une matière plus rare; et enfin, d'autant que ces corps sont plus petits.

La *pesanteur solaire*, contraire et égale à la force centrifuge des corps célestes, fait d'ailleurs que ces forces ne peuvent se mouvoir que dans des plans qui passent par le centre du Soleil.

Il paroît donc, en considérant l'action de l'atmosphère et la *pesanteur solaire* ensemble, que la direction naturelle et immuable des corps qui se meuvent autour du Soleil, doit être telle, qu'elle satisfasse aux deux points que nous venons d'exposer; ce qui ne peut se faire sans que les Orbites soient dans l'Equateur solaire. Si elles ne sont pas réellement dans cet Equateur, qui est leur situation naturelle et immuable, elles s'en approchent, et cela fort sensiblement, lorsqu'elles en sont beaucoup éloignées; mais au contraire avec une extrême lenteur, lorsque les mêmes Orbites se confondent presque avec ledit Equateur; aussi bien n'y arriventelles tout-à-fait qu'après un temps infini. C'est là la nature des corps mus dans les milieux, soit résistans, soit déférens. Ainsi, par exemple, les corps qui, projetés dans le vide, décrivent une parabole, font dans les milieux résistans une courbe, laquelle approche d'abord fort vîte d'une ligne verticale, sans pourtant jamais l'atteindre tout-à-fait.

§. XVII. Je me persuade donc qu'aux temps fort reculés, les corps qui se meuvent autour du Soleil ont décrit des Orbites faisant avec l'Equateur solaire, des angles beaucoup plus grands qu'ils ne font à présent, et que ces angles ont varié beaucoup plus entre les différentes Orbites, que dans nos temps; mais que ces Orbites ont été réduites peu à peu dans les bornes étroites où elles sont à présent, et qu'après un temps infini, elles se réuniront entièrement dans un même plan, qui sera celui de l'Equateur solaire. Cela étant, nous avons satisfait en même temps aux deux points exposés § VI, qui devoient faire le sujet de notre discours. Voici le précis de mon explication. L'action de l'atmosphère solaire, jointe à la *pesanteur solaire*, fait que les corps mus autour du Soleil, tendent à se mouvoir dans le plan de l'Equateur solaire, et qu'ils s'en approchent de plus en plus. Ces approchemens

étant fort sensibles, lorsque les Orbites font un grand angle avec l'Equateur solaire, et le Monde ayant été créé depuis très-long-temps, cela fait que les Orbites ne peuvent qu'être presque dans le plan dudit Equateur, et enfin la raison pour laquelle ces Orbites n'y sont pas entièrement, est que cela ne peut arriver qu'après un temps infini.

§. XVIII. On auroit tort d'objecter ici qu'il paroît, par les plus anciennes observations, que les Orbites n'ont point changé de déclinaison; car il est à présumer que la matière de l'atmosphère est si subtile, que les Orbites planétaires étant proches de l'Equateur solaire, un temps de plusieurs siècles n'y puisse produire un changement sensible. Il n'est pas sûr d'ailleurs, qu'on n'eût observé aucun changement, si l'on avoit été aussi exact, du temps d'Hipparque, à faire les observations astronomiques, qu'on l'est à présent. On peut alléguer ici l'exemple de l'écliptique, dont la déclinaison a été observée il y a deux mille ans, par Pythée, de 23° 49′ 10″, qui aujourd'hui n'est que de 23° 29′; sur quoi mérite d'être lu ce qu'il y a dans l'*Histoire de l'Académie Royale des Sciences de Paris, pour l'année* 1716, *pag.* 48. Je ne sais pas assez quel fonds l'on peut faire sur les observations des anciens Astronomes: cependant je ne crois pas qu'il y ait personne qui soutienne encore les corps célestes n'être sujets à aucuns changemens; car le monde n'est pas depuis l'éternité, ni ne durera éternellement, ni ne demeurera enfin toujours dans le même état, tant qu'il dure. On donne un mouvement aux nœuds et aux aphélies, *ce qu'aussi bien demande cette même théorie que je viens d'exposer:* pourquoi ne voudroit-on pas accorder que les Orbites planétaires puissent varier aussi en s'approchant insensiblement de l'Equateur solaire? Je ne crois pourtant pas que les Orbites prennent jamais des déclinaisons contraires après être passées par le plan dudit Equateur solaire, mais qu'elles resteroient toujours dans cet Equateur, si elles y étoient une fois, et que c'est là leur assiette naturelle et immuable: peut-être que les aphélies et les nœuds ont de même leurs limites, lesquelles, s'ils avoient atteint, ils ne souffriroient plus aucun changement; et c'est sans doute là la raison pourquoi ils se meuvent si lentement: car tout ce qui est près de son état, asymptote et invariable, ne peut plus souffrir de changemens fort sensibles; et ce qui tend depuis si long-temps vers son point d'invariabilité, ne peut qu'en être fort près. Les variations des Orbites que la Lune décrit, sont d'une autre nature, et doivent se déduire d'une autre origine; car ces Orbites lunaires ont leurs limites de part et d'autre, qu'elles reprennent

toujours. Mais sans doute que les périodes de ces variations et excursions ont aussi leurs inégalités moindres à présent qu'elles n'ont été autrefois, et qui enfin s'évanouiront entièrement, de même que les irrégularités dans les Orbites planétaires. On peut noter ici que la Lune, quand même elle est supposée immédiatement environnée de l'atmosphère solaire, n'en est pas traînée vers l'Equateur solaire; car autant qu'elle y est poussée depuis un nœud jusqu'à l'autre, autant en est-elle repoussée dans son retour au premier nœud; mais je ne doute pas que les Orbites lunaires ne s'approchent plutôt de l'Equateur de la Terre, s'il est vrai que l'atmosphère de celle-ci aille jusqu'à la Lune, ou si elle y a encore une densité sensible, ce que j'ai pourtant de la peine à croire, présumant que l'atmosphère de la Terre finit avant qued'atteindre à la Lune, vu l'extrême rareté qu'elle doit déjà avoir dans les hauteurs médiocres, comme j'ai dit § VII. De là on peut tirer la raison pourquoi les Orbites lunaires ne sont fort proches ni de l'Equateur solaire, ni de celui de la Terre.

[Ce que j'ai allégué dans le présent article sur les variations des nœuds et des aphélies, comme conforme à notre théorie, mérite bien quelque éclaircissement: le présent système en sera rendu plus universel et plus plausible. Disons d'abord un mot sur les *nœuds solaires;* j'appellerai tels, dans la suite, les intersections de l'Equateur solaire avec les Orbites planétaires. On voit assez, sans autre explication, que l'atmosphère solaire doit nécessairement faire avancer ces *nœuds solaires:* elle fera avancer de même les aphélies; ce qu'on voit plus distinctement en s'imaginant les Orbites être extrêmement excentriques. Les nœuds et les aphélies étant donc mobiles par rapport à l'Equateur solaire, ils le seront aussi par rapport à l'écliptique, auquel nous les rapportons. Ainsi toutes les Orbites planétaires doivent être regardées comme mues en avant dans l'ordre des signes célestes, et tant les nœuds que les aphélies, nous paroîtroient se mouvoir en cet ordre, si l'écliptique ou l'Orbite de la Terre ne varioit pas elle-même: mais les variations que l'Orbite de la Terre subit pareillement, peuvent faire paroître les mouvemens des autres Orbites tout autres qu'ils ne sont, et même quelquefois contraires, selon les circonstances; ce qu'il ne sera pas difficile de comprendre pour ceux qui veulent se donner la peine de considérer cette affaire avec attention. C'est aussi sans doute le mouvement de l'Orbite de la Terre, qui fait que l'Equateur coupe continuellement en d'autres points l'écliptique; d'où il faut tirer le mouvement des points équinoxiaux, qu'on croit faire le tour dans 25000 ans ou environ.]

§. XIX. Il n'en est pas de même des atmosphères de Jupiter et de Saturne, dans lesquelles je ne doute pas que les densités décroissent moins vîte que dans celle de la Terre; car, quoique l'on pose dans les atmosphères de Saturne et de Jupiter, que les densités décroissent géométriquement pendant que les distances vont en progression arithmétique, comme cela est supposé ordinairement dans l'atmosphère de la Terre, il se peut pourtant que pendant qu'il faut une élévation d'une lieue pour faire diminuer de la moitié la densité de l'air, il faille une élévation incomparablement plus grande pour obtenir un effet semblable dans les atmosphères de Saturne et de Jupiter, et que de cette manière les Satellites de l'une et l'autre Planète soient encore environnés d'une matière assez dense, et cela d'autant plus facilement, que les Satellites ne sont pas extrêmement éloignés de leurs Planètes par rapport aux diamètres de celles-ci. On voit par là pourquoi tant les Satellites de Jupiter que ceux de Saturne (en exceptant seulement de ceux-ci le dernier, ou le plus haut) sont presque dans des mêmes plans de part et d'autre, quoique les deux plans soient fort différens entre eux, puisqu'ils font un angle d'environ 31 degrés; et pourquoi les plans, que les Satellites affectent, sont précisément ceux des Equateurs de leurs Planètes principales.

Quant au cinquième Satellite de Saturne, il est très-remarquable qu'il s'écarte seul de la règle générale; car pendant que les quatre autres Satellites, de même que l'anneau, font tous leurs révolutions dans le plan de l'Equateur de Saturne, ou peu s'en faut, l'Orbite du dernier Satellite fait, avec cet Equateur, un angle d'environ 15 ou 16 degrés, comme le célèbre M. Cassini l'a démontré dans les *Mém. de l'Académie Royale des Sciences de Paris de l'année* 1714, *p.* 575. Cette exception paroîtra peut-être au premier abord contraire à notre théorie : mais après avoir tout bien considéré, j'en ai été confirmé dans mon opinion. Car j'avois déjà commencé à croire que l'atmosphère de Saturne ne s'étend pas jusqu'à la région du cinquième Satellite, ou qu'elle n'y est plus d'aucun poids, à cause de sa trop grande subtilité. Ce qui m'avoit déjà induit auparavant à ce sentiment, est que le mouvement journalier des corps célestes me paroissoit dépendre de l'atmosphère dans laquelle les corps nagent, me persuadant que la Lune ne montre toujours une même face à la Terre, que parce que l'atmosphère de la Terre ne va pas jusqu'à la Lune : et réfléchissant ensuite sur ce que le cinquième Satellite de Saturne montre pareillement à sa Planète principale la même face, je ne pouvois plus douter que ce Satellite ne soit placé hors de l'atmos-

phère de Saturne, et que par conséquent il ne sauroit avoir aucune tendance vers l'Equateur de Saturne. Voilà sans doute la vraie raison de sa trop grande déclinaison avec ledit Equateur; cela étant, la conjecture de MM. Huguens et Newton, qui croyoient que tous les Satellites tournoient toujours le même côté à la Planète principale, est mal fondée, étant persuadé que tous les autres Satellites ont un mouvement journalier, puisque leur coincidence, ou presque-coincidence avec l'Equateur de leur Planète, montre qu'ils nagent dans l'atmosphère.

§. XX. Je n'ai pas voulu omettre ces remarques sur les Satellites, parce qu'elles confirment notre système général. Je reviens aux atmosphères, et comme c'est d'elles que j'ai tiré la solution de notre Problème, il ne sera pas hors de propos d'expliquer mécaniquement leur action. Ce que je dirai de l'atmosphère du Soleil, pourra de même être appliqué aux autres atmosphères.

Les Orbites des Planètes coupent l'Equateur du Soleil en deux points, ou *nœuds solaires :* considérons une Planète se trouvant dans un de ces nœuds; en partant de là elle se meut sous une direction oblique à l'Equateur du Soleil, mais en même temps elle acquiert par l'action de l'atmosphère solaire, qui se meut plus vîtement que ne fait la Planète, un fort petit mouvement parallèle à l'Equateur; et comme les deux mouvemens se font du même côté dans quelqu'endroit que la Planète se trouve, il est clair qu'il en résulte un mouvement composé, qui devient continuellement plus parallèle à l'Equateur. (On remarquera ici que le mouvement de l'atmosphère solaire est tantôt commun avec le cours des Satellites, et tantôt contraire, ce qui est la raison pour laquelle les Satellites ne s'approchent point de l'Equateur solaire, mais de celui de leur Planète.) L'approchement des Planètes vers l'Equateur solaire, est le plus sensible dans les nœuds solaires, et dans les points de la plus grande déclinaison il est nul, parce que la tangente de l'Orbite y devient parallèle avec l'Equateur. Les positions de diverses Planètes étant posées semblables, elles s'approcheront d'autant plus vîte de l'Equateur solaire, qu'elles en sont plus éloignées; qu'elles ont un plus petit diamètre et une moindre densité; que la matière de l'atmosphère qui environne les Planètes, est plus dense; et enfin d'autant plus vîte que l'excès de la vîtesse de la matière, par-dessus celle des planètes, est plus grande. Comme on ne sauroit définir toutes ces circonstances dans différentes Planètes, il est impossible de marquer quelles Planètes s'approchent plus vîte de l'Equateur solaire.

§. XXI. Après avoir allégué plusieurs raisons pour prouver

que les Planètes tendent vers l'Equateur du Soleil, et qu'elles s'en approchent de plus en plus; il sera bon d'examiner ici, par les observations astronomiques, quelle est l'inclinaison des Orbites par rapport audit Equateur : pour la connoître, il faut savoir l'endroit des nœnds ou intersections des Orbites planétaires avec l'écliptique, et enfin la situation de l'Equateur solaire par rapport à l'écliptique. Selon Kepler, le nœud ascendant de Saturne est maintenant au 22° 49′ du *Cancer*, et l'inclinaison de son Orbite avec l'écliptique de 2° 32′ : le ☊ de *Jupiter* au 5° 31′ du Cancer, et l'inclinaison de 1° 20′ : le ☊ de Mars au 17° 50′ du Taureau, et l'inclinaison de 1° 50′ : le ☊ de Vénus au 14° 47′ des Gémeaux, et l'inclinaison de 3° 22′ : le ☊ de Mercure au 14° du Taureau, et l'inclinaison de 60° 54′. Dans toutes ces déterminations, les Astronomes de notre temps s'accordent à fort peu près; mais ils sont fort différens sur la position de l'Equateur solaire : aussi bien les observations dont on se sert pour cet effet, ne sont pas d'une nature à pouvoir la déterminer au juste. Dans l'*Histoire de l'Académie Royale des Sciences de Paris, pour l'année* 1701, l'Equateur solaire est déduit faire un angle avec l'écliptique de 7° 30′; et dans les Mémoires de la même année, il est dit que le Pôle qui regarde le Septentrion, répond au huitième degré des Poissons. En suivant ces hypothèses, l'Equateur solaire est coupé par l'Orbite

de Saturne, sous un angle de.......	6°	58′
Jupiter.......................	6	21
La Terre......................	7	30
Mars..........................	5	49
Vénus.........................	4	10
Mercure.......................	2	56

C'est ici l'Orbite de la Terre qui fait le plus grand angle avec l'Equateur solaire; savoir, de 7° 30′.

[Il est facile de voir quelle est la méthode de trouver les inclinaisons des Orbites avec l'Equateur solaire; elle ne diffère pas de celle *de trouver les inclinaisons que les Orbites ont entre elles*, exposée ci-dessus à la remarque du §. IV. Car connoissant le nœud solaire de l'écliptique, et les nœuds des Orbites planétaires avec l'écliptique, la distance du nœud solaire aux autres nœuds donne un côté dans le triangle sphérique à résoudre : les angles que l'Equateur solaire et les Orbites planétaires font avec l'écliptique, sont les deux angles connus dans le même triangle; d'où l'on trouve le troisième angle, qui est l'angle de l'inclinaison des Orbites avec l'Equateur solaire.]

§. XXII. Mais comme la position de l'Equateur solaire est fort incertaine, de telle manière que, selon quelques-uns, son inclinaison avec l'écliptique ne surpasse pas deux degrés, on pourroit peut-être sans absurdité, feindre une telle position, que son inclinaison moyenne avec toutes les Orbites planétaires, fût la moindre, à laquelle condition l'on peut satisfaire en essayant un grand nombre de positions: ainsi, par exemple, dans la précédente hypothèse, l'inclinaison moyenne des Orbites avec l'Equateur solaire, est de 5° 11'; mais si l'on supposoit que cet Equateur fît avec l'écliptique un angle de 3° 22', et que son Pôle boréal répondît au 20° des Poissons, alors l'Equateur solaire seroit coupé par l'Orbite

de Saturne, sous un angle de........	1°	51'
Jupiter.........................	2	7
Mars..........................	2	4
La Terre........................	3	22
Vénus.........................	0	20
Mercure........................	4	34

et l'inclinaison moyenne des Orbites (qui a été tantôt de 5° 11') ne seroit plus que de 2° 23'. Je ne sais si on ne pourroit pas préférer cette position à l'Equateur solaire, quoiqu'appuyée sur une pure conjecture, et trouvée *à posteriori*, aux autres positions fondées sur les taches du Soleil, en attendant que les Astronomes nous donnent une méthode astronomique plus exacte.

§. XXIII. En expliquant ci-dessus mécaniquement l'action de l'atmosphère solaire sur la Terre et sur les Planètes, j'ai considéré la matière de l'atmosphère comme mue avec plus de vîtesse que les corps qu'elle environne: ce n'est pas que notre système le demande ainsi, mais parce que cela me paroît d'ailleurs probable.

Or soit, si on le veut, que la matière ne se meuve pas plus vîte, et même qu'elle se meuve plus lentement, elle ne laissera pas de faire le même effet sur les Orbites, en les approchant de l'Equateur solaire. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à résoudre le mouvement de la matière en deux, l'un parallèle, et l'autre perpendiculaire à la direction de la Planète; et on voit assez que ce dernier agissant toujours vers l'Equateur, ne sauroit manquer de pousser la Planète vers ce côté.

§. XXIV. Des Planètes venons aux Comètes: je dis que les plans des Orbites de celles-ci ne changeront jamais sensiblement leur inclinaison avec l'Equateur solaire, quelque grande qu'elle soit, ou parce qu'elles sont presque toujours posées entièrement

hors de l'atmosphère solaire (comme vraisemblablement la Lune l'est hors de celle de la Terre, et le cinquième Satellite de Saturne hors de celle de Saturne), ou parce qu'elles ne se laissent point détourner de leur route à cause de la trop grande subtilité de la matière de l'atmosphère qui les environne pendant leur révolution presque toute entière. Il est vrai que les Comètes étant près de leur périhélie, elles doivent s'approcher un peu de l'Equateur solaire; mais ce temps est à peine comparable avec le reste du temps de la révolution, et il paroît, par les exemples allégués ci-dessus §§ XI et XII sur les densités de l'atmosphère solaire, que la densité commençant une fois à décroître, elle décroît si vite qu'elle se perd d'abord presque toute entière; tout cela montre pourquoi les Comètes, dont la distance au Soleil est, pendant presque tout le temps de la révolution, comme infinie, ne tendent pas sensiblement vers l'Equateur du Soleil. Je croirois pourtant facilement, que les Orbites des Comètes, depuis tout le temps de leur existence, se sont approchées un peu dudit Equateur. Ce qui me fait pencher davantage à cette opinion, est que dans le grand nombre des Comètes marquées dans les Ephémérides, il m'a paru que l'inclinaison moyenne de leurs Orbites, par rapport à l'Equateur solaire, ne manqueroit pas d'être, à fort peu près, de 45°, si elles ne s'en étoient actuellement un peu approchées: j'ai donc ramassé les observations de plusieurs Comètes qui ont paru depuis quelques siècles; et, pour m'épargner la peine du calcul, j'ai supposé que ladite inclinaison moyenne par rapport à l'Equateur solaire, est la même par rapport à l'écliptique, leurs plans ne différant guères, et les différences de ces deux espèces d'inclinaison ne pouvant manquer de se détruire à peu près de part et d'autre: ce qui fait aussi qu'on n'a pas besoin d'être fort scrupuleux sur la justesse des observations, puisque leurs erreurs se détruiront de même fort probablement. Voici donc le catalogue des Comètes.

De la Comète de l'an 1337, l'inclin. à l'éclipt.	32°	11′	0″
1472.	5	20	0
1531.	17	56	0
1532.	32	36	0
1556.	32	6	30
1577.	74	32	45
1580.	64	40	0
1585.	6	4	0
1590.	29	40	40
1596.	55	12	0
1607.	17	2	0
1618	37	34	0
1652.	79	28	0
1661.	32	35	50
1664.	21	18	30
1665	76	5	0
1672	83	22	10
1677.	79	3	15
1680.	60	56	0
1682.	17	56	0
1683.	83	11	0
1684.	65	43	40
1686.	31	21	40
1694.	11	46	0

L'inclinaison moyenne est de 43° 39′. Il est donc clair que les Comètes n'ont presque point de liaison du tout avec l'Equateur solaire, et qu'elles ne s'en approchent qu'insensiblement, et avec une extrême lenteur.

§. XXV. Cette différence entre les Comètes et les Planètes, connue par les observations et si conforme à notre théorie, m'engage à en expliquer une autre qui semble confirmer entièrement notre hypothèse. Elle consiste dans les excentricités des Comètes et des Planètes. C'est assurément une chose merveilleuse, que les Comètes aient toutes une excentricité presque infinie, et les Planètes presque nulle, et je ne vois pas qu'on puisse donner une raison suffisante et mécanique de ce fait, en n'employant que la simple hypothèse des gravitations ou attractions mutuelles; mais en joignant à cette hypothèse celle de l'action de l'atmosphère solaire, on peut expliquer si clairement ce point, qu'il paroît que la chose n'auroit pas pu être autrement.

Faisons abstraction, pour un moment, de l'atmosphère solaire, et posons la pesanteur solaire partout réciproquement propor-

tionnelle aux carrés des distances. Qu'on conçoive un corps devoir être projeté dans une direction perpendiculaire au rayon tiré du Soleil au corps : si la projection se fait avec la vitesse que le corps pourroit acquérir en tombant vers le Soleil d'une seconde hauteur égale à la première, le corps décrira un cercle; si la vitesse initiale est moindre, il décrira une ellipse, dont l'aphélie est à l'endroit de la projection; et si elle est plus grande, le corps décrira encore une ellipse, mais dont le périhélie est à l'endroit de la projection : tout cela se démontre dans la mécanique. Si la projection est tout-à-fait casuelle, comme elle l'est à notre égard, et qu'on suppose que tous les degrés de vitesse jusqu'à l'infiniment grande, arrivent avec une facilité égale, il est probable, et même certain, que l'excentricité de l'ellipse que le corps projeté décrira autour du Soleil, doit être infinie. Mais comme il n'y a pas dans la nature des degrés actuellement infiniment grands, la proposition doit être changée, de manière qu'on dise que l'excentricité doit être fort probablement très-grande et presqu'infinie. Et quand le mouvement se fait dans un vide ou presque vide, les ellipses décrites une fois continueront toujours, ou fort long-temps. Ceci montre, à mon avis, fort exactement pourquoi les Comètes décrivent des ellipses presque paraboliques, puisqu'elles ont dû vraisemblablement en décrire dans le temps de leur origine, et qu'elles ne changent pas sensiblement, comme étant presque entièrement hors de l'atmosphère solaire. Mais si nous nous servons du même raisonnement pour les Planètes qui nagent dans l'atmosphère du Soleil, nous voyons bien qu'à la vérité elles ont pu d'abord faire des ellipses fort excentriques, mais qu'elles ont dû nécessairement s'approcher peu à peu des Orbites circulaires, et qu'elles en décriront un jour de plus exactes, ce que je démontre ainsi. Quoique les temps périodiques de la matière, qui compose l'atmosphère solaire, croissent à mesure qu'elles s'éloignent de l'axe du Soleil, il est pourtant à présumer que les vîtesses ne diminuent point, mais qu'elles croissent aussi, comme j'ai marqué §. VIII ; car si le mouvement de chaque couche se faisoit librement, les vîtesses croîtroient exactement en raison des distances de l'axe du Soleil : au contraire, la vîtesse de la Planète est d'autant plus grande, qu'elle est plus proche du Soleil (je ferai ici abstraction du changement de la vîtesse moyenne de la Planète, d'autant plus que la Planète tend de plus en plus à prendre une vîtesse immuable.) Donc la Planète doit nécessairement être retardée par l'atmosphère, lorsqu'elle est près de son périhélie ; et au contraire avancer lorsqu'elle est près de son aphélie. Chacun de ces deux points fait, comme

on le démontre dans la mécanique, que la Planète décrit une Orbite continuellement plus circulaire et moins excentrique; de manière qu'il n'est plus surprenant que les Orbites planétaires soient à présent presque circulaires; il est à croire qu'avec le temps elles deviendront encore plus circulaires, sans pourtant qu'elles le soient jamais parfaitement, sinon après un temps infini. Comme il y a au reste plusieurs circonstances qu'on ne sauroit définir dans les Planètes, et qui concourent à rendre les diminutions des excentricités plus sensibles, on ne sauroit marquer quelle Orbite planétaire devroit être, en vertu de cette théorie, plus ou moins excentrique: ces diminutions dépendent à peu près des mêmes points qui font diminuer les inclinaisons des Orbites par rapport à l'Equateur solaire, et que j'ai exposés §. XX. Cela me confirme dans ma conjecture que j'ai alléguée §. XXII, sur la position de l'Equateur solaire; car suivant cette position, l'inclinaison de l'Orbite de Vénus avec l'Equateur solaire est presque nulle, de même que son excentricité est presque nulle, et l'inclinaison de l'Orbite de Mercure avec le même Equateur, est la plus grande de toutes, comme aussi son excentricité est la plus grande.

§. XXVI. Ne vaut-il pas mieux employer ces principes, que de recourir à une volonté immédiate du Créateur, comme le font, par rapport à plusieurs phénomènes, ceux qui veulent tout déduire de la simple gravitation mutuelle des corps mus dans un vide? et peut-il se faire que la volonté de Dieu n'ait pas tout son effet? qu'il ait voulu que les Orbites planétaires fussent dans un même plan, sans qu'elles le soient parfaitement; qu'ellesfussent circulairessans qu'elles soient tout àfait telles; et ainsi de plusieurs autres points, auxquels il faut rapporter que la Terre et toutes les Planètes se meuvent d'un même sens, et nommément de celui duquel le Soleil se tourne autour de son axe: qu'il en est de même dans les Mondes de Saturne et de Jupiter, lesquelles choses sont telles, que si elles étoient encore cachées, notre théorie nous les dicteroit, pendant que M. Newton même, le plus grand Philosophe de notre siècle, déclare dans son *Optique*, qu'on n'en sauroit donner aucune raison mécanique.

§. XXVII. Disons encore deux mots sur le mouvement diurne des Planètes: je suis porté à croire que c'est aussi l'atmosphère qui le produit; ce qui m'y engage, est que la Lune et le cinquième Satellite de Saturne (dont les plus grandes inclinaisons avec les Equateurs de la Terre et de Saturne me font croire que les atmosphères de ces deux corps n'agissent pas sur la Lune et

ledit Satellite) n'ont point de mouvement diurne pareil à celui des Planètes, marque que le mouvement diurne, et la presque-coincidence des Orbites avec leur Equateur correspondant, ont une même cause. Mais je ne vois point d'antre manière d'expliquer le mouvement des Planètes autour de leur axe par l'action de l'atmosphère solaire, qu'en disant que la matière de l'atmosphère (dont les vîtesses augmentent en s'éloignant de l'axe du Soleil, comme j'ai dit §. VIII) fait un plus grand effort sur l'hémisphère de la Planète opposée au Soleil, que sur celui qui regarde le Soleil, ce qui peut faire que les Planètes roulent dans le même sens de leur mouvement progressif. La raison d'ailleurs qui fait que les axes des Planètes ne sont pas tout-à-fait parallèles à l'axe de l'atmosphère solaire, consiste peut-être dans l'hétérogénéité de la matière qui compose les Planètes; car le centre de gravité de chaque Planète tâche de s'éloigner du Soleil le plus qu'il peut, et cet effort, joint au premier, pourroit produire l'obliquité des axes, et faire, s'il agit seul, que les corps montrent toujours la même face au centre de la révolution, comme font la Lune et le cinquième Satellite de Saturne.

§. XXVIII. Voilà ce que j'avois à dire sur le Problème proposé par l'Académie. Il y a long-temps que j'ai fait ces méditations, mais j'ai été obligé de les mettre par écrit fort à la hâte. J'espère donc, s'il y avoit quelques erreurs de calcul ou de position dans les nombres, sur lesquels les Astronomes conviennent, ou qui s'en déduisent facilement, qu'on me les pardonnera; la hâte m'a obligé à la brièveté, sans cela j'aurois pu alléguer plusieurs autres remarques, et étendre davantage celles que j'ai alléguées, et donner de cette manière un plus grand volume à la présente Dissertation. Je me flatte pourtant que ce que j'ai dit suffira pour l'intention que l'Académie a eue dans son Problème.

DISQUISITIONES

PHYSICO-ASTRONOMICÆ

PROBLEMATIS AB INCLYTA SCIENTIARUM ACADEMIA REGIA, QUÆ PARISIIS FLORET, ITERUM PROPOSITI.

Quelle est la cause physique de l'inclinaison des plans des Orbites des Planètes par rapport au plan de l'Equateur de la révolution du Soleil autour de son axe; et d'où vient que les inclinaisons de ces Orbites sont différentes entre elles?

SIVE

Quænam est causa physica inclinationis planorum, in quibus Planetæ Orbitas suas perficiunt ad planum Æquatoris, vertigini solis circa axem suum respondentis; Et qui fit ut inclinationes istarum Orbitarum sint inter se diversæ.

Autore DAN. BERNOULLI,
Acad. Petrop. et Bonon. Socio, in Acad. Basiliensi Anat. et Bot. Professore.

DISQUISITIONES
PHYSICO-ASTRONOMICÆ
PROBLEMATIS AB INCLYTA SCIENTIARUM ACADEMIA REGIA, QUÆ PARISIIS FLORET, ITERUM PROPOSITI.

SYMBOLUM.

Virtutum pretium in ipsis est, et rectè facti merces est fecisse.

§. I. Duabus constat partibus Problema ab illustri Academia propositum; altera Orbitarum cœlestium ad Æquatorem Solis inclinationem respicit; altera inclinationis in singulis Planetis diversitatem. Utraque nobis simul erit pertractanda, neque enim commode ab invicem separantur.

§. II. Patet autem ex ipsis, quæ Problema definiunt verbis, id ab Academia in antecessum poni, esse aliquid, quod Orbitas Planetarun ad Æquatoris solaris planum trahat, et in hoc quicquid sit, latere rursus rationem, ob quam istæ Orbitæ non perfecte cum eodem plano coincidant. Id mihi quoque fuit semper visum admodum probabile.

Nimis enim, ut alias non dicam rationes, Planetarum Orbitæ ad Æquatoris solaris planum accedunt, quam u•id fortuito concursui tribui posse videatur; aut si hoc aliqui dubium videri possit, in saltem omni exceptione majus erit, Orbitas Planetarum commune aliquod affectare planum, cum alias fieri vix potuisset, ut omnes intra tam angustos continerentur limites: verisimile autem, est istud ipsum quod Planetis omnibus fere est commune, planum, quodque procul dubio continue appetunt, esse planum Æquatoris solaris, cum in hoc solo ratio istius rei aliqua sufficiens esse possit. Hoc igitur posito, indicandum erit, quare

Orbitæ Planetarum ad Æquatoris solaris planum acclinent, et quid porro causa in hac re latere possit, quod Orbitæ eædem nec inter se, nec cum Æquatoris plano conveniunt perfecte.

§. III. Prius vero quam huic operam demus questioni solvendæ, è re nostra erit, ne in vacuum disseruisse videamur, ut id ipsum, quod modo assumpsimus de communi Orbitarum planetariarum plano, à quo non sine speciali causa aliquantulum recedant, nunc disertius ostendamus. Rem ita instituam, ut inquiram in duas Orbitas cœlestes, maxime ad se inclinatas, seu maximo se decussantes angulo (per inclinationem enim hîc intelligo angulum inclinationis) posteaque calculo subducam quanta sit probabilitas, ut reliquæ Orbitæ omnes intra terminos duarum dictarum Orbitarum cadant. Ita elucescet, tantillam esse hanc probabilitatem, ut *moraliter impossibile* dicendum sit, id sine efficiente ratione fortuito ita contigisse.

§. IV. Postquam singulas Orbitas cum singulis comparavi, deprehendi maximam inclinationem habere Orbitam Mercurii ad Orbitam Terræ seu ad eclipticam; angulum enim inclinationis inter se formant 6° 54′; Orbita autem Saturni ad Orbitam Mercurii inclinat 6° 24′, et Orbita Jovis ad Orbitam Mercurii 6° 8′, reliquæ omnes multo minus ad se invicem inclinant. Loquor hîc de Orbitis Planetarum primariorum, Fingo jam superficiem sphæricam zona quadam seu zodiaco latitudinis 6° 24′ (quanta nempe est inclinatio Orbitæ Mercurii ad eclipticam) cinctam, quæ partem totius superficiei sphæricæ continebit, præter propter decimam-septimam. Superest igitur, si Orbitas Planetarum casu in cœlo locatas putemus, ut definiamus quanta sit probabilitas, qua omnes intra zonam datam decimam-septimam superficiei sphæricæ partem exæquantem, contineantur. Zona ipsa autem positione data non est, nisi unam Orbitam jam locatam censeamus, adeo ut quinque tantum planetariarum Orbitarum positiones casuales censendæ forent, si casu res contigisset. Ita autem secundum regulas cognitas invenitur numerus casuum locationis intra definitos terminos obtinendæ, ad numerum casuum contrariorum, ut 1 ad $17^5 - 1$, seu ut 1 ad 1419856.

§. V. Videbitur fortasse aliquibus calculus aliter instituendus. Mihi quoque cum hac de re primum cogitarem, alia succurrit methodus; illam tamen quam modo exposui, maxime puto plausibilem. Nolo autem in illa suffulcienda esse prolixior, ne nimis ab instituto nostro præcipuo divertam. Ut vero nunc plane appareat, quam ridiculum foret, propinquas positiones Orbitarum planetariarum casui tribuere, mutabimus quæstionem positionum

multiplicium in aliam, positione unica circumscriptam. Dico igitur, facilius casu contingere, ut duæ Orbitæ angulo se intersecent intra quartam minuti secundi partem: Quis vero, si v. g. factum à natura fuisset, ut ecliptica ad Æquatorem Terræ quarta tantum parte unius minuti secundi inclinaret: quem angulum, ponam, arte humana accurate potuisse observari: quis, inquam, hanc positionem puro casui fuisset tributurus? Si vero præterea animum attendamus ad Satellites tam Jovis quam Saturni, quorum pariter Orbitæ (excepto extremo Saturni Satellite, qui ab regula generali ob specialem, quam ipsa theoria nostra indicabit, rationem, recedit) in eodem fere plano utrobique conveniunt, nihil amplius ea de re nos dubitare sinet. Qui secus sentit, is omne ratiocinium, quod dicitur *ab inductione* rejiciat. Nunc eò, unde discessimus, revertimur.

§. VI. Diximus planum esse, quod Orbitæ Planetarum appetant; inter ipsas Orbitas medium; et verosimillimum esse, planum istud coincidere cum Æquatore Solis, cum, quia, quantum ex observationibus à maculis solaribus desumptis judicare licet, parum differt planum Æquatoris Solis ab Orbitis Planetarum, tum quod in Æquatore Solis facillime ratio istius rei sufficiens excogitari possit, et denique esse rationem particularem, quominus Orbitæ Planetarum nec inter se nec cum Æquatore Solis perfecte conveniant. In his consistit ambobus articulis desiderata problematis solutio. Igitur ut votis Academiæ satisfiat, id mihi incumbere sentio, ut prius ostendam, qua ratione Orbitæ Planetarum ad Solis Æquatorem tendere possint, et quî fieri possit, quominus in eo sint omnes perfecte positi.

§. VII. Nullum esse corpus cœleste, quod non suam habeat atmosphæram circumfusam, mihi persuadeo. Et quamvis Hugenius expresse negaverit, Lunam atmosphæra cingi, suamque sententiam multis rationibus firmare allaboraverit, neminem tamen nunc amplius in ea stare sententia puto: plurima enim phænomena contrarium probant. Materia quidem harum atmosphærarum in diversis corporibus diversa esse potest, in aliis nempe densior, in aliis rarior: verosimile tamen est, in singulis atmosphæris similes esse affectiones. Igitur è re nostra erit, ut hîc indicemus affectiones præcipuas atmosphæræ Terram ambientis, easdemque applicemus atmosphæræ solari: in hac enim veram problematis academici solutionem quærendam esse, rebus omnibus bene ponderatis, plane sum certus.

Aër, atmosphæram componens terrestrem, corpus fluidum est, versus centrum Terræ gravitans, elasticum, et sic in diversis à

centro Terræ distantiis inæqualiter densum. Densitas ejus ita celeriter decrescit, ut in regione Lunæ, si eo usque se expandit, incredibilis debeat esse raritatis; singulis enim milliaris germanici altitudinibus fit circiter altero tanto rarior, sic ut posita densitate aëris in superficie Terræ $= 1$, sit ejus densitas in regione Lunæ minor futura quam $\frac{x}{2^{50000}}$, attamen in infinitum se expandat atmosphæra necesse est, nisi ab alio fluido elastico coërceatur : coërcebitur autem, ut ego conjicio, alicubi ab atmosphæra solari, et talibus circumscribetur terminis, in quibus utriusque atmosphæræ elasticitas æqualis sit. Igitur dubium est, an ad regionem Lunæ usque extendatur, nec-ne. Id ego non crediderim ob stupendam omnique opinione majorem, quam ibi debeat habere aër raritatem : tum etiam ob magnam Orbitæ Lunæ ad Æquatorem terrestrem inclinationem mediam, non futuram, ut infra probabile faciam, si Luna vortici aëris circa axem Terræ moti immersa esset, et denique ob id, quod Luna similem nobis perpetuo ostendat faciem. Aëris terrestris densitas porro diminuitur à calore, augeturque à frigore. Denique aër in superficie Terræ eadem velocitate vel proxime tali circa ejusdem axem movetur, atque superficies ipsa, alias enim ventum continuum, eumque vehementissimum, ab Oriente versus Occidentem essemus percepturi : id perspicuum est, quod punctum in Æquatore à vertigine Terræ intra minutum secundum spatium plus quam mille quadringentorum pedum conficiat, ventus autem impetuosissimus vix quinquaginta pedes eodem tempore percurrat : imo non-solum in superficie maris aër, ea qua dixi velocitate simul cum Terra movetur, sed et in locis altissimis, hisque in omnes plagas apertis, veluti in cacumine montis Pici in insula Teneriffa. Facile etiam demonstratu est, totum hoc fluidum Terram ambiens una cum Terra intra 24 horas circulum fuisse absoluturum, nisi in extima sui superficie motus à fluido solari inhiberetur. Facit autem ista motus versus circumferentiam inhibitio, ut fluidum alia lege circumagatur, quam quidem pro omnibus densitatum in fluido diminutionibus acutissime definivit cel. Joh. Bernoullius in eleganti dissertatione, quam Academia præmio anni 1730 affecit, digna profecto honorifica ista remuneratione.

§. VIII. Ex hisce atmosphæræ terrestris affectionibus colligere licet, Solem pariter fluido cingi aëri nostro analogo; quod versus centrum Solis gravitet, elasticitate præditum sit, quæ probabiliter à calore Solis acuto intenditur, à diminuto relaxatur:

diversas pariter fluidum habebit densitates in diversis à Sole distantiis: et si quidem calor uniformis totam animaret atmosphæram solarem, sique uniformis quoque esset gravitatio, responderent utique densitates applicatis in logarithmica, cum distantiæ à Sole exprimuntur per abcissas: quia vero et calor et gravitatio decrescunt, dum distantiæ à Sole augentur, necesse est aliam legem sequantur densitatum variationes, quam infra paucis perpendemus. Fluidum solare etiam expandetur usque dum termini ipsius ab alio fluido coërceantur, pariter atque atmosphæra terrestris ab solari continetur. Denique id præcipue ad rem nostram pertinet, fieri non posse, quin fluidum circa axem Solis circumagatur, et quidem singulas partes una cum Sole intra 25 $\frac{1}{2}$ dierum spatium revolutionem suam fuisse absoluturas, nisi motus in peripheria inhiberetur, ob hanc autem inhibitionem tempora periodica materiæ versus extrema crescent: nec tamen ita crescent ut velocitates diminuantur: quin potius velocitates augeri existimo.

§. IX. Venio ad id quod dixi de diversis fluidi densitatibus, in diversis locis cognoscendis: non puto autem, illas recte cognosci posse, sed tantum aliqualiter, quia hypotheses accuratæ problema definientes non habentur. Ponamus gravitationem corporum versus centrum Solis rationem sequi reciprocam duplicatam distantiarum ab eodem centro: vim autem centrifugam fluidi gravitatem ejus notabiliter non diminuere. Fingamus porro densitates fluidi ubique proportionales esse, ponderibus atmosphæræ super incumbentis divisis per respondentes caloris mensuras: calorem autem una cum gravitatione æquali ratione diminui versus peripheriam putabimus: ita quoque elasticitatum mensuras à ponderibus superincumbentibus desumemus. His factis positionibus, designabimus radium solis per r, distantiam dati loci à centro Solis per x: densitatem ut et elasticitatem atque calorem fluidi in superficie Solis faciemus $= 1$: densitatem ejusdem in assumpto loco $= D$, elasticitatemque $= E$. Ita erit per assumptas hypotheses (quod densitas ubique proportionalis sit ponderi atmosphæræ superjacentis, seu elasticitati, diviso per calorem, id est per $\frac{rr}{xx}$).

$$D = \frac{Exx}{rr};$$

Præterea si atmosphæram cogitatione in strata circa centrum Solis concentrica dividamus infinita, patet fore decrementum elasticitatis dE, dum altitudo x quantitate infinite parva dx

crescit, proportionale ponderi strati, quod habet altitudinem minimam dx; sed pondus hoc proportionale est altitudini dx, multiplicatæ per densitatem D, atque per gravitatem $\frac{rr}{xx}$. Igitur assumpta littera n pro aliqua constante, erit

$$-dE = \frac{nrrDdx}{xx};$$

si in ista æquatione substituatur pro D valor antea determinatus, fit $dE = -nEdx$, vel facta debita integratione, indicatoque numero, cujus logarithmus est unitas per

$$c,\ E = c^{n(r-x)}.$$

Ex ista equatione consequens est elasticitates in atmosphæra solari recedendo à Sole decrescere, eodem modo, ac si constantes ubique forent gravitatis ac caloris gradus. Qua hypothesi uti solent (minus tamen accurate, observante id quoque Newtono) ad variationes densitatum in atmosphæra terrestri sub diversis altitudinibus calculo subducendas. Jam si in prima æquatione substituatur valor inventus pro E, orietur talis æquatio.

$$D = \frac{xx}{c^{n(x-r)}rr}.$$

§. X. Sequitur ex ista æquatione, maximam aëris Soli circumfusi densitatem non esse in superficie Solis, sed in loco alio à Sole fortasse longe dissito. Cujus rei ratio physica est, quod ab ingenti calore, qui prope Solem est, atmosphæra admodum rarefit. Locus autem quo maxima est densitas, distat à centro Solis quantitate $\frac{2}{n}$, nec potest valor litteræ n definiri quandiu in nullo atmosphæræ loco, realis ejus densitas experimento observari potest.

§. XI. Ponamus autem, exempli causa, maximam densitatem esse in regione Veneris, quæ centum quinquaginta præter propter radiis Solis à Sole distat, erit $\frac{2}{n} = 150r$, seu $n = \frac{1}{75}r$; et sic æquatio specifica densitatum hæc foret

$$D = \frac{xx}{c^{(x-r):(75r)}rr};$$

essentque densitates ipsæ fere ut sequitur.

In superficie Solis = 1
In regione Mercurii = 2200
Veneris = 3000
Terræ = 2600
Martis = 1300
Jovis = 0,40
Saturni = 0,000006

§. XII. In ista hypothesi densitates atmosphæræ solaris in regionibus Mercurii, Veneris, Terræ et Martis essent satis æquales: circa Jovem autem et præsertim Saturnum raritas nimia foret, quam ut ullum effectum habere possit: quapropter conjecturæ locus est, regionem maximæ densitatis in atmosphæra solari magis distare à Sole quam Orbitam Veneris. Sin autem in Orbita Martis maximæ densitatis locum esse ponamus, habebunt densitates, rationem circiter sequentem;

In superficie Solis = 1
In regione Mercurii = 4170
Veneris = 8910
Terræ = 12300
Martis = 14400
Jovis = 1310
Saturni = 15

§. XIII. Atque si maxima densitas in regione Jovis constituta ponatur, multo uniformior atmosphæra solaris invenietur à Mercurio usque ad Saturnum; hæcque positio mihi videtur omnium probabilissima: quia enim plurima phænomena systematis planetarii ab atmosphæra solari deduci posse mihi videntur omnibus Planetis communia, commendabile id admodum est, quod atmosphæræ solaris densitates per totam systematis planetarii extensionem esse possint non multum admodum inæquales, cum in atmosphæra terrestri sub mediocribus distantiarum augmentis non possint non supra modum esse inæquales; in nostra atmosphæra, si locum sumas unica terræ semi-diametro à superficie elevatum, ea jam esse debet aëris raritas secundum plerorumque authorum sententias, quam ne cogitatione quidem assequi possumus.

§. XIV. Expositis his, quæ ad atmosphæram solarem pertinent, monendum hîc esse duco, non fungi, ut mihi videtur, hanc atmosphæram circa axem Solis motam omnibus officiis, quæ vorticibus tribui solent deferentibus, nec adeoque hanc esse, quæ Terram Planetasque primarios in Orbitis suis contineat. Nam in vortice deferente materiæ densitas debet esse æqualis densitati

corporum, quæ illi innatant, ut recte monuit Newtonus: atmosphæram autem solarem incomparabiliter rariorem ubique puto, quàm sunt corpora circa Solem lata. Sed et aliud est, quod, ut videtur, plane evincit, non esse hanc atmosphæram idem quod vortices deferentes, nempe quod velocitates tum corporis tum materiæ vorticosæ debeant esse æquales; sed secundum regulam Kepleri Planetæ in superficie Solis constituti tempus periodicum debet esse præter propter trium horarum, cùm ibidem atmosphæra certe periodum absolvit intra 25 dies cum dimidio, non secus ac terrestris atmosphæra intra 24 horas semel revolvitur in vicinia Terræ: quod tamen argumentum an non simul contra vorticum deferentium, quos nolo hîc refutare, hypothesin sit, non satis perspicio. Igitur aliam conjicio esse causam, quæ corpora circa Solem lata in Orbitis suis contineat, et ubique eorumdem vim centrifugam coërceat: hæc autem causa, qualiscumque sit, corpora trudit versus centrum Solis, quia plana Orbitarum per centrum Solis transeunt. Si vortices deferentes id Planetis Terræque officium facere possint, per me licebit hujusmodi vortices præter atmosphæras fingere; neque id pugnabit cum eo, quod atmosphæra naturam vorticum non habeat, quamvis fatear, non potuisse me omnem, quem antea habui, mihi scrupulum eximere, perlecta etiam attentissime dissertatione Bernoulliana, hanc in rem conscripta, quam supra laudavi. Vetat autem tum viri celeberrimi perspicacia, tum potissimum Academiæ, cujus approbationem nescio annon hac quoque in parte habuerit, summa auctoritas, ne cum fiducia sententiam dicere audeam. Licebit quoque (si id commode fieri posse videatur, mihi autem non videtur), atmosphæram circa axem Solis latam cum vorticibus deferentibus confundere: hypothesin enim, qua ad sequentia stabilienda opus habeo, experientia demonstrat, et à nemine in dubium vocatur, esse nempe aliquid, quod *gravitatem solarem* deinceps dicam, vi centrifugæ contrarium, quod Planetas Terramque versus centrum Solis urget.

§. XV. Si vero gravitas solaris instar gravitatis terrestris à vi centrifuga materiæ rapidissime motæ, et quidem eo rapidius, quo rarior est atque subtilior materia, petenda sit, tum mutatis paulo sententiis Cartesii atque Hugenii rem alio modo considerari posse mihi olim et amicis, quibus sententiam meam perscripseram, visum est. Nondum autem tunc omni attentione perlegeram, quæ ab auctoribus doctissime tradita sunt, ad conciliandum descensum corporum gravium versus centrum Terræ cum vortice simplici circa axem moto. Cogitavi nempe, annon plures materiæ subtilis vor-

tices, imo quasi infinitos circa diversos axes per centrum Solis transeuntes fingere liceret: motus enim contrarios in materia subtili nequaquam se impedientes in aliis occasionibus jam concepit magnus Cartesius: præterea consideravi, id omnibus nunc in concessis esse, quod singula corpora cœlestia ad se invicem gravitant; etiamsi igitur vel simplex vortex statuatur circa quodlibet corpus, negari tamen non potest, hos vortices liberrime se transfluere, idemque futurum fuisse, si vel millies hæc corpora cœlestia fuissent multiplicata.

Sed aliud insuper est argumentum, quo inducebar ut crederem, hujusmodi multiplicem vorticum motum non esse in se absurdum aut impossibilem. Scilicet demonstratum est apud philosophos, lumen aliud non esse nisi motum longe rapidissimum globulorum admodum subtilium: interim certum est ex contrario, qui in cameris obscuris fit, imaginum situ ratione objectorum depictorum, radios luminis ex omni plaga in puncto se decussantes, minime confundi, et quemlibet eundem edere effectum, ac si solus fuisset: putabam igitur non absurdum futurum, si plures ponerentur vortices, super diversis axibus per centrum Solis transeuntibus liberrime se transfluentes. Et ita certe nulla foret gravitatis, sive solaris, sive terrestris, affectio, quæ non commodissime inde deduci posset: quia vero hæc proprie non pertinent ad institutum nostrum, eorum expositioni diutius non immorabor.

§. XVI. Venio ad rem. Facit primo motus atmosphæræ solaris, si ab gravitate versus centrum Solis animum abstrahamus, ut corpora sive in plano Æquatoris, sive in plano parallelo progredi tentent, atque si oblique incedant, fit, ut sensim ad dictam vergant directionem, nec tamen nisi post tempus infinitum eam perfecte assequantur: vergent autem eo citius, quo densior est materia, qua corpus circumdatur, quo major est celeritatum corporis et materiæ differentia, quo rarius est corpus, et quo minoris voluminis. *Gravitas* autem *solaris* vi centrifugæ Planetarum Terræque contraria et æqualis, facit, ut hæc corpora aliter moveri non possint, quam in plano per centrum Solis transeunte. Apparet igitur ex utraque actione tum atmosphæræ, tum gravitatis solaris conjuncta corpora ita motum iri, ut utrique satisfiat, quod aliter esse nequit, quam cum in Æquatore Solis moventur, si modo ad statum durationis, seu, ut dicitur, *permanentiæ* jam reducta ponantur.

Ad hunc quidem statum corpora cito vergunt, cum ab eo sunt remotiora; at cum eum tantum non attigerunt, possunt diutissime

in eadem semper ad sensus permanere motûs directione, nec enim verum et ultimum *permanentiæ* statum nisi post tempus infinitum assumunt. Hæc est notissima corporum quæ in mediis resistentibus aut deferentibus feruntur, affectio. Ita corpora, quæ in vacuo projecta ab gravitatis actione parabolam describunt, in fluido curvam faciunt, quæ citissime à motus initio ad lineam verticalem convergit, eamque nunquam plane attingit.

§. XVII. Puto itaque à remotissimis temporibus corpora, quæ circa Solem feruntur, longe majori angulo inclinata fuisse ad Æquatorem Solis, in diversisque Planetis admodum magis diversam habuisse, quam nunc habent inclinationem. Ea vero ab atmosphæra solari sensim in arctos, qui nunc sunt, limites fuisse coacta et post tempus infinitum, manentibus reliquis esse in eodem Æquatore coïtura. Quæ si ita sint, apparet, utrique desiderato de § VI. indicato simul nunc esse satisfactum. Facit nempe actio atmosphæræ cum gravitate solari conjuncta, ut corpora circa Solem mota planum Æquatoris solaris appetant : faciunt cita corporum convergentia, cum obliquitates magnæ sunt, et longæva mundi creatio, ut eadem corpora nunc fere sint in Æquatoris istius plano : denique, quod in eo non perfecte posita sint plano in causa est tempus infinitum, post quod demum talis communis positio oriri possit.

§. XVIII. Huic nostræ sententiæ non repugnat, quod ex antiquissimis observationibus loca Planetarum non fuisse mutata videntur. Probabile enim est, materiam usque adeo esse subtilem, ut cum Æquatori solari vicina sunt corpora cœlestia, nullam in illis mutationem notabilem facere possint tempora plurimorum sæculorum; neque præterea certum est, si Hipparchi temporibus observationes astronomicæ ea accuratione, qua nunc solent, fuissent institutæ, nullam differentiam sese fuisse manifestaturam. Huc pertinet exemplum eclipticæ, cujus obliquitas ad Æquatorem ante bis mille circiter annos à Pythea observata fuit 23° 49′ 10″, quæ hodie 23° 29′ statuitur, qua de re legi merentur, quæ exstant in Hist. Acad. Reg. Sc. Paris. ad an. 1716, pag. 48 et seqq. Equidem non satis perspectum habeo, quantum observationibus veterum Astronomorum fidi possit; neminem autem esse puto, qui sidera cœlestia nullis mutationibus obnoxia statuat. Nec enim mundus est ab æterno, nec in æternum durabit, nec utique donec durabit, in eodem constantissime statu perseverabit. Moveri censentur Nodi Apheliaque, idque certe postulat eadem nostra, quam huc usque tradidimus theoria. Quidni ergo etiam inclinationes Orbitarum ad planum Æquatoris solaris mutari poterunt? non

puto tamen Orbitas, quæ semel ad unam partem inclinatæ fuerunt, transire posse ad inclinationes contrarias, sed esse in his statum aliquem durationis, ad quem tendunt, qui aderit simul ac ad Æquatorem pervenerint.

Fortasse etiam Aphelia et Nodi suos habent limites quos si attigerent, nullas amplius variationes habitura sint: hæcque verosimiliter ratio est, quod tam lente moveantur: quicquid enim statui durationis proximum est, lentissimas subit mutationes: non potest autem non ei esse proximum, quod à tam longo tempore ad eundem vergit. Variationes Lunæ alius sunt indolis, et ex alio etiam derivandæ sunt fonte: habent enim hæ suos ultra citraque terminos ad quos usque recurrunt. Puto tamen periodos, quas variationes Lunæ habent, suas quoque pati inæqualitates, nunc minores, quam olim fuerunt, et tandem prorsus abituras, hacque in re cum Planetis primariis convenire.

Interim notari meretur, Lunam parum aut nihil ad Æquatorem Solis ab atmosphæra solari appelli: quantum enim appellitur, dum ab uno Nodo ad alterum movetur, tantum repellitur dum ab hoc ad primum regreditur. Nullum autem dubium est, quin potius sensim ad Æquatorem terrestrem Orbitæ ejus sint accessuræ, si modo atmosphæra Terræ in regionæ Lunæ aliquam residuam habeat densitatem perceptibilem, quod tamen vix credo, quin potius totam atmosphæram terrestrem prius terminari puto, quam ad regionem lunarem ascenderit. Supra enim §. VII jam monuimus, atmosphæram Terræ nimis rarescere, quam ut in mediocribus elevationibus amplius esse possit perceptibilis. Inde intelligitur, cur Orbitæ lunares nec Æquatori Solis, nec Æquatori Terræ sint admodum vicinæ.

§. XIX. Alia res est in atmosphæris Jovis et Saturni in quibus, ut non dubito, densitates lentius decrescunt. Etiamsi enim in illis, ut in atmosphæra terrestri proxime fit, densitates in ratione geometrica decrescere ponantur, dum altitudines arithmetice progrediuntur; fieri tamen potest, ut cum singulis milliaribus in terrestri atmosphæra densitates dimidiantur, in atmosphæris Joviali et Saturnia incomparabiliter major ad id requiratur elevatio, et sic utrobique in Satellitum regione atmosphæra notabilem superstitem habeat densitatem, idque eo facilius, quod hi Satellites à Planetis suis ratione habita ad diametros horum Planetarum, non sint admodum remoti.

His præmonitis, quivis jam rationem percipit, quod Satellites Jovis æque ac Saturni (si modo in hoc extremum Satellitem excipias) sint proxime in communibus planis, quamvis plana ambo sint inter se valde diversa: angulum enim faciunt circiter 31 graduum planum autem ab utraque parte affectant Æquatoris Pla-

netæ primarii. Quod vero ad quintum Satellitem Saturni attinet, res mira est, quod à regula generali recedat. Dum enim reliqui quatuor Satellites æque ac annulus in plano Æquatoris Saturnii proxime siti sunt, solus extremus ab hoc plano 15 aut 16 gradibus declinat, uti id demonstravit Cel. Cassini in Comment. Acad. Reg. Sc. Paris. an 1714, pag. 375.

Videbitur id fortasse primo intuitu theoriæ nostræ contrarium; mihi vero postquam omnia attente considerassem, admodum placuit istud phænomenon, cum de illo cogitare inciperem. Jam enim mihi persuaseram, atmosphæram saturniam non se extendere ad regionem quinti Satellitis, aut saltem notabilem ibi densitatem non habere amplius; idque ideo menti infixum tenebam, quod ab atmosphæris corporum motum horum circa axem proprium pendere crederem; et cum Luna faciem eadem semper Terræ obvertat, confirmatus fui in sententia, atmosphæram Terræ ad Lunam non pertingere. Tum protinus in mentem venit, quod quintus quoque Satelles saturnius eandem semper Saturno faciem ostendat, indicio esse, eum pariter ab actione atmosphæræ saturniæ liberum, nec proinde ad Æquatorem Saturni appelli. Quibus ita pensitatis, magna animi voluptate intellexi, me jamjam veram penetrasse rationem, qua extremus Saturni Satelles, isque solus, tum in systemate saturnio, tum in joviali atque solari à plano corporis, circa quod volvitur, tantum declinat. Tum quoque intellexi, omni jam fundamento destitui conjecturam Hugenii atque Newtoni, Satellites singulos, Lunæ instar, Planetis suis primariis invariatam manifestare faciem, remque aliter esse jam pro demonstrato habeo reliqui enim Satellites omnes suis involuti sunt atmosphæris, quia minimo angulo Æquatorem Planetæ primarii secant.

§. XX. Hæc de Planetis secundariis. Videntur autem sententiæ nostræ admodum favere atque adeo opportune monita. Revertor ad atmosphæras corporum cœlestium, et quoniam ab his petii solutionem Problematis, earum actionem breviter ad regulas revocabo mechanicas. Quod autem de atmosphæra solari dicam, ad reliquas pertinebit omnes. Orbitæ Planetarum in duobus intersecant locis Æquatorem Solis, quos vocabo *Nodos solares*. Putemus aliquem Planetam in alterutro nodo positum, et inde cursum suum pergere; dum vero sic in directione ad Æquatorem solarem oblique movetur, simul ad atmosphæra celeriter circumacta, motum acquirit eidem Æquatori parallelum, sed incomparabiliter priori minorem; et quia directiones in utroque motu conspirant, ubicunque Planeta positus sit, apparet motum compositum inde continue fieri magis Æquatori parallelum.

(Notetur in Planetis secundariis actionem atmosphæræ solari

cursui Satellitum modo secundum modo contrarium esse, quæ ratio est, quod Satellites non vergunt ad Æquatorem solarem, sed ad Æquatorem Planetæ sui primarii.) Hicque Planetarum ad Æquatorem accessus maxime sensibilis est in Nodis, in locis maximi ab Æquatore recessus nullus est, quia ibi tangentes sunt Æquatori parallelæ. In similibus autem ratione diversorum Planetarum locis accessus ad Æquatorem eo sensibiliores erunt, quo magis Orbitæ tangentes ab Æquatore reclinant, quo minores habent diametrum et densitatem Planetæ, quo majoris est densitatis materia atmosphæræ circumfusæ, et quo major est differentia inter celeritatem præfatæ materiæ ac Planetæ; quæ omnia, quia ratione diversorum Planetarum definiri nequeunt, conjicere non possumus, quinam Planetæ citius convergant ad Solis Æquatorem.

§. XXI. Postquam multis rationibus probabile fecimus, quod Planetæ ad Æquatorem Solis tendant, et post longa tempora vicinius ad eandem sint appropinquaturi, erit è re nostra, ut videamus ex observationibus astronomicis, quamnam actu habeant Orbitæ ad eundem Æquatorem inclinationem. Id vero cognoscitur ex situ Nodorum, ex inclinationibus Planetarum ad eclipticam, et ex situ Æquatoris solaris ratione eclipticæ. Secundum Keplerum, est nunc Nodus ascendens Saturni in 22° 49′ Cancri, ejusque inclinatio maxima ad eclipticam 2° 32′ : Jovis ☊ in 5° 31′ Cancri, ejusque inclinatio 1° 20′ : Martis ☊ in 17° 50′ Tauri, atque ejus inclinatio 1° 50′ : Veneris ☊ in 14° 19′ Geminorum, inclinatio 3° 22′ : Mercurii ☊ in 14° 47′ Tauri, inclinatio 6° 54′; atque in his determinationibus recentiores etiam Astronomi proxime conveniunt : sed major inter illos dissensus est, in definiendo Æquatoris solaris situ; nec certe observationes hanc in rem institutæ ejus sunt indolis, ut accurate definiri queat. In Hist. Acad. Reg. Sc. Paris. ad annum 1701, stabilitur inclinatio ejus ad eclipticam 7° 30′, et in commentariis ejusdem anni polus Æquatoris solaris versus Boream respondere dicitur 8° Piscium. Secundum has hypotheses intersecatur Æquator solaris ab Orbita

Saturni, sub angulo..............	5°	58′.
Jovis..........................	6	21
Martis.........................	5	49
Terræ..........................	7	30
Veneris........................	4	10
Mercurii.......................	2	56.

Inclinatio maxima pertinet ad Orbitam Terræ, quæ cum Æquatore Solis angulum facit 7° 30′.

§. XXII. Quia vero incerta admodum est positio Æquatoris solaris, ita ut non defuerint qui illum cum ecliptica angulum fa-

cere affirmarent duobus gradibus vix majorem, non absurdum erit, ejus axi talem affingere positionem, ut inclinatio Æquatoris media ad Orbitas Planetarum minima sit, cui conditioni tentando satisfieri potest. Ita in præcedente hypothesi inclinatio media Orbitarum est 5° 11′. At si Æquatorem Solis eclipticam secare ponamus sub angulo 3° 22′, et polus Æquatoris Boream respiciens statuatur in 20° Piscium, tunc intersecabitur Æquator solaris ab Orbita.

Saturni, sub angulo..............	1°	51′.
Jovis..............................	2	7
Martis...........................	2	4
Terræ	3	22
Veneris..........................	0	20
Mercurii..........................	4	34

Et sit sic inclinatio Orbitarum media, quæ antea fuit, 5° 11′ tantum 2° 23′. Hanc igitur axis positionem, etsi tantum argumento quod dicunt, à posteriori indicatam fere prætulerim aliis, quæ observationibus macularum innituntur, donec certior methodus aliquando ab Astronomis pro illius positione determinanda excogitetur.

§. XXIII. Cum supra actionem atmosphæræ solaris, qua Terra et Planetæ ad Æquatorem Solis sollicitantur, mechanicè explicarem, materiam atmosphæræ celerius circumagi consideravi quam corpora eidem immersa, neque vero id posui ceu aliquid, quod in theoria nostra aliter esse nequeat: visum mihi potius est aliunde probabile. Sit vero, si ita videbitur, nec majori velocitate moveatur atmosphæra, imo feratur minori quam Planeta: nihilominus hunc sensim ad Æquatorem solarem reducet. Quod ut appareat, motus atmosphæræ resolvi potest in duos alios, quorum unus sit motui Planetæ parallelus, alter ad priorem perpendicularis: hic vero, quia semper versus Æquatorem agit, non potest non Planetam ad eundem sollicitare.

§. XXIV. A Planetis veniamus ad Cometas. Dico autem, hos inclinationem suam ad Solis Æquatorem, quantacumque sit, non posse sensibiliter mutare, quia fere semper sunt aut plane positi extra atmosphæram Solis (prout verisimiliter Luna est respectu atmosphæræ terrestris et quintus Satelles Saturni ratione atmosphæræ saturniæ) aut ob nimiam atmosphæræ raritatem ab illa parum in motu suo perturbari possunt. Equidem cum Cometæ sunt circa perihelium, aliquantulum ad Æquatorem Solis accedent: sed tempus id vix et comparabile cum reliquo revolutionis tempore. Apparet autem ex exemplis supra §§. XI et XII allatis, pro densitate atmosphæræ solaris, quod cum densitas ista crescere desiit, deinde tam cito decrescat, ut fere mox omnis evanescat;

quod confirmat, Cometas, quorum distantia à Sole per totum fere revolutionis tempus quasi infinita est, parum ad Æquatorem Solis appelli. Interim tamen facile mihi persuaderi patiar, Orbitas Cometarum ad Æquatorem aliquantulum accessisse. Quod ad hanc me procliviorem facit opinionem, hoc est : in magno quorum Ephemerides habentur, Cometarum numero, visum fuit, inclinationem mediàm ad Æquatorem Solis probabiliter futuram fuisse 45° proxime nisi ad eundem aliquantulum accessissent. Igitur catalogum adhibui Cometarum, ut eorumdem inclinationem mediam cognoscerem. Hæc autem non potest non eadem esse ad sensum, sive planum Æquatoris solaris, sive eclipticæ consideretur, quia parum differunt hæc ambo plana, et cum aliqui Cometæ majorem habent inclinationem ad Æquatorem Solis, quam ad eclipticam, alii habent minorem, eritque inclinatio media proxime eadem. Idem quoque valet ratione ejus, quod inclinationes in singulis Cometis non accurate habeantur; errores enim ab utraque parte se probabiliter destruent. Catalogus Cometarum hic est :

Cometæ anni 1337, inclin. ad eclipt.	32°	11′	0″
1472.	5	20	0
1531.	17	56	0
1532.	32	36	0
1556.	32	6	30
1577.	74	32	45
1580.	64	40	0
1585.	6	4	0
1590.	29	40	40
1596.	55	12	0
1607.	17	2	0
1618	37	34	0
1652.	79	28	0
1661.	32	35	50
1664.	21	18	30
1665	76	5	0
1672	83	22	10
1677.	79	3	15
1680.	60	56	0
1682.	17	56	0
1683.	83	11	0
1684.	65	43	40
1686.	31	21	46
1694.	11	46	0

Inclinatio media est 43° 39′. Ex qua apparet, Orbitas Cometarum à plano Æquatoris Solis aut nihil affici, aut si afficiantur, accedere potius ad istud planum, quam recedere.

§. XXV. Quoniam in eo nunc sumus occupati, ut ostendamus differentiam Cometas inter et Planetas, experientia confirmatam, ac theoriæ nostræ omnino conformem, lubet hic adjicere aliam, quæ pariter cum theoria egregie consentit. Versatur autem in excentricitatibus tum Cometarum tum Planetarum. Res profecto mirabilis est, Cometarum omnium excentricitates esse quasi infinitas, Planetarum autem pene nullas. Cujus rei videant; an rationem mechanicam reddere possint, qui phænomena cœlestia simplici gravitationum attractionum-ve hypothesi explicare cupiunt. Nos vero cum gravitationi adjungimus actionem atmosphæræ solaris circa axem Solis motam, rem ita explicabimus, ut videatur, aliter esse non potuisse. Seponamus itaque rationem atmosphæræ, gravitationem autem distantiarum à Sole quadratis reciproce proportionalem ubique statuamus: sitque nunc corpus in directione ad radium è Sole ad corpus ductum perpendiculari projiciendum. Si projectio ea fiat celeritate, quam corpus altero tanto à Sole elevatum casu suo versus Solem ad pristinam usque altitudinem acquirit, movebitur in circulo circa Solem: si minori projiciatur velocitate, movebitur in ellipsi, eritque locus projectionis aphelium, si majori, rursus in ellipsi feretur, sed in qua locus projectionis sit perihelium. Hæc ex cognitis principiis mechanicis derivantur. Si omnino casualis sit projectionis velocitas, uti ratione nostrum est, et omnes possibiles velocitatis gradus ad infinitesimum usque æque facile contingere ponantur, probabile imo certum erit, excentricitatem ellipsis, quam corpus projectum describet, fore infinitam. Quia vero in natura non dantur reapse velocitates infinitæ, res ita immutanda erit, ut dicatur admodum probabile esse, ingentem et tantum non infinitam fore excentricitatem. Et cum in vacuo fit motus aut quasi vacuo, ellipses semel descriptæ aut sine fine continuabuntur, aut diutissime durabunt. Hæc, ni fallor, accurate ostendunt, quare Cometæ ellipses fere parabolicas describant, quia et probabiliter in origine sua tales describere debuerunt, et easdem ceu ab actione atmosphæræ solaris fere plane liberi, non possunt non diutissime continuare. Sed cum idem ratiocinium ad Planetas atmosphæræ actioni involutos applicamus, intelligimus quidem potuisse eos ellipses in ortu suo describere valde excentricas, sed sensim ad Orbitas circulares vergere debuisse, et aliquando tales propius esse descripturos; quod sic demonstro: Materiæ atmosphæricæ velocitas à Sole versus peripheriam verosimiliter crescit (quamvis etiam tempus periodicum crescat, uti monui §. VIII) quia in hypothesi, quod motus cujusvis crustæ libere fiat, velocitates in eadem ratione cum distantiis ab axe Solis crescere debent. Planetæ autem velocitas eo major est, quo Soli fit propior; igitur si Planeta velocitatem mediam (ad

mediam autem aliquam velocitatem constantem necessario vergere debet) jam conservare ponatur, fieri non potest, quin in perihelio ab atmosphæra retardetur, in aphelio acceleretur; utrumque autem quod ex mechanicis demonstratur, facit ut corpus Orbitam magis circularem, minusque excentricam describat, ita ut mirum non sit, Planetas, Orbitas circa centrum Solis nunc fere circulares describere; perfecte autem circulares non nisi post tempus describent infinitum. Quia porro multa concurrunt, quæ in Planetarum corporibus definiri nequeunt, ad diminutionem excentricitatis sensibiliorem faciendam, dici non potest, quisnam Planeta vi istius theoriæ probabiliter magis minus-ve excentricus esse debeat. Concurrunt autem eadem fere, quæ in inclinatione Orbitarum ad Æquatorem Solis, quæ §. XX recensui; ita ut confirmer in positione, quam §. XXII à posteriori dedi Æquatori solari. Quia pro ista positione inclinatio Orbitæ Veneris ad Æquatorem Solis fere nulla est, prouti quoque excentricitatem ejus fere nullam esse, norunt Astronomi: in Mercurio vero et inclinatio ad Æquatorem Solis, et excentricitas maxima est.

§. XXVI. An-non melius nos huic philosophandi methodo, quæ ubique naturæ phænomenis convenit committemus, quam ut protinus Deum, ut dicunt ex machina accersamus, et ejus voluntati immediate tribuamus, quod ex legibus à summo rerum Creatore omnibus corporibus præscriptis consequitur: anque fieri potest, ut voluntas Dei non plenum suum habeat effectum? ut Orbitas coincidere voluerit, nec perfecte coincidant, ut circulares circa Solem voluerit, nec perfecte tales sint, et quæ sunt hujusmodi alia. Ad ea quoque pertinet, quod motus Terræ omniumque Planetarum ad communem tendant plagam, et quidem quod ad eandem versus quam Sol motu suo circa axem movetur; quod eadem motuum affectio etiam in systemate joviali saturnioque sit: quæ omnia talia sunt, ut si adhuc lateant, ex theoria nostra prævideri possint, et quorum tamen vel ipse Newtonus philosophator acutissimus, rationem mechanicam excogitari posse nullam affirmat, in tractatu suo optico.

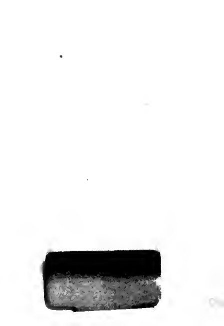
§. XXVII. Denique nec id omittere debeo, quod ad motum Planetarum circa axem suum pertinet. Visum enim fuit hunc quoque à motu atmosphæræ solaris, qualem hactenus adhibuimus, illustrari. Fingamus vorticem, cujus partes singulæ eodem tempore revolvantur, eique corpus immersum homogeneum, quod simul motu cum fluido communi feratur; corpus id eandem perpetuo vorticis axi faciem obvertet; ita enim apparet contingere, cum quælibet corporis particula ad fluidum pertinere putatur. Sed si tempus periodicum à centro versus peripheriam crescit in vortice, tum corpus circa axem feretur, motu vortici contrario, quod percipi-

mus, cum corpus alternatim liquescere in suamque se figuram restituere consideramus. Attamen axis corporis axi vorticis parallelus manebit: sed si corpus heterogeneum sit, sique corpus in plano ad axem vorticis non perpendiculari incedat, variis modis fieri potest, ut axis corporis axi vorticis non sit parallelus. Hæc si ita sint, ratio non difficulter percipitur motuum, quos Planetæ, ipsaque terra circa axem habent. Contrarii erunt vertigines motibus circa Solem, quia tempora periodica in atmosphæra solari, crescentibus distantiis à Sole, simul crescunt. [*At si ponamus insuper centrum corporis, quod antea communi velocitate cum materia ferri finximus, tardius procedere simulque velocitates materiæ crescere versus extrema, in qua nos stare utraque sententia testantur §§. VIII et XX videmus fieri sic posse, ut vertigines Planetarum cum motu suo revolutionis conspirent, quia hemisphærium Planetæ à Sole aversum majorem impetum recipit à materia atmosphæræ quam hemisphærium Solem spectans.] Axis quoque corporum, quomodo possit esse obliquus ad axem Solis intelligitur, nec difficile est videre tempora vertiginum augeri maximam partem ab aucta differentia temporum periodicorum materiæ, ubi hæc extremitates Planetarum radit. Hæc differentia eo major erit, quo major est diameter Planetæ, et quo minus à Sole distat; cui proprietati non male respondent tempora vertiginum in Venere, Terra, Marte et Jove (in Mercurio et Saturno adhuc latent); attamen non à Solis Planetarum diametris eorundem definiri vertiginum tempora, nec theoria postulat, nec observatis astronomicis probabile fit. Hæc ita in corporibus vortici immersis, ea vero quæ à vortice non afficiuntur ideo faciem immutatam centro, circa quod feruntur, obvertunt, quia centrum gravitatis locum à centro revolutionis remotissimum appetit, quæ ratio est, quod Luna Terræ et extremus saturnius Satelles Saturno invariatam faciem ostendat. Atmosphæra autem solaris in Satellitibus non potest revolutionem, sed tantum levem aliquam titubationem producere.

* Author postquam se præmio donatum fuisse accepisset, verba quæ sunt intra parenthesin quasi à scriba omissa, restituenda misit.

§. XXVIII. Hæc sunt quæ à longo quidem tempore in argumentum ab Academia propositum meditatus sum, sed quæ nonnisi festinanter in chartam conjicere licuit. Spero adeoque, si qui errores fortasse in numeros, de quibus Astronomi inter se conveniunt, aut qui facillimo calculo inde deduci possunt, irrepserint, hos mihi facile condonatum iri. Brevis ubique fui, quia festinare debui: alia multa nova potuissem superaddere, tumque etiam allata magis extendere, et sic majus volumen hisce nostris Disquisitionibus conciliare. Puto tamen hæc pro desideratis Academiæ sufficere.

FINIS.




BIBLIOTECA